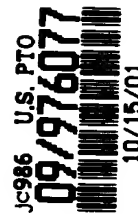


日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-048392

出 願 人

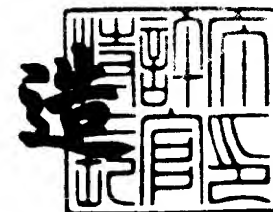
Applicant(s):

コニカ株式会社

2001年 8月 3日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3069554

【書類名】

【整理番号】 L

【あて先】 特

【国際特許分類】 G03L

F16C 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都日野市さくら町1番地 コ-

【氏名】 木村 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000001270

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

【氏名又は名称】 コニカ株式会社

【代表者】 植松 富司

【代理人】

【識別番号】 100107272

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 敬二郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100109140

【弁理士】

【氏名又は名称】 小林 研一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 052526

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0101340

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 対物レンズ、集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置される正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA \geq 0.70 \quad (1)$$

$$0.05 < WD / ENP < 0.25 \quad (2)$$

ただし、NA：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス（mm）

ENP：前記対物レンズの入射瞳径（mm）

【請求項 2】 光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置される正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

前記第 1 レンズおよび前記第 2 レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、

少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.05 < WD / ENP < 0.15 \quad (3)$$

ただし、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス（mm）

ENP：前記対物レンズの入射瞳径（mm）

【請求項 3】 光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置される正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.05 \leq PD / PT \leq 0.20 \quad (4)$$

ただし、PD：前記第 i 面に形成された回折構造を

$$\Phi b = b_{2i} h^2 + b_{4i} h^4 + b_{6i} h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数で表したとき（ここで、h は光軸からの高さ（mm）であり、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$  はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、 $\dots$  の光路差関数係数である）、 $PD = \Sigma (-2 \cdot b_{2i})$  により定義される回折構造のみのパワー（ $\text{mm}^{-1}$ ）

PT：屈折レンズと回折構造とを合わせた対物レンズ全系のパワー（ $\text{mm}^{-1}$ ）

【請求項 4】 光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置される正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、

回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とをあわせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際にバックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、

次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (5)$$

ただし、 $\Delta CA$ ：波長の変化に対する軸上色収差の変化量（mm）

$\Delta SA$ ：波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量（mm）

【請求項 5】 光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置される正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、

少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とす

る対物レンズ。

$$1. 0 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 6.0 \quad (6)$$

ただし、 $r_i$ ：各面の近軸曲率半径（mm）（ $i = 1$ または $2$ ）

【請求項6】 光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、

少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、

使用波長が500nm以下であり、

前記使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする対物レンズ。

【請求項7】 光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、

第2面を含む少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$1. 0 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \quad (7)$$

ただし、 $r_i$ ：各面の近軸曲率半径（mm）（ $i = 1$ または $2$ ）

【請求項8】 第1面から第3面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項9】 次式を満たすことを特徴とする請求項2乃至8のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$NA \geq 0.70 \quad (8)$$

【請求項10】 2つ以上の面に輪帯状の回折構造を形成したことを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項11】 前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成されたことを特徴とする請求項1，3乃至10のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項 1 2】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$v d i \leq 65.0 \quad (9)$$

ただし、 $v d i$ ：第  $i$  レンズの  $d$  線のアッベ数 ( $i = 1$  または  $2$ )

【請求項 1 3】 基準波長を  $\lambda$  (mm)、前記対物レンズ全系の焦点距離を  $f$  (mm)、前記第  $i$  面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を  $n i$ 、前記第  $i$  面の有効径内の回折構造の輪帯数を  $M i$ 、第  $i$  面の有効径内の回折構造の輪帯間隔の最小値を  $P i$  (mm) としたとき、

次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.04 \leq f \cdot \lambda \cdot \Sigma (n i / (M i \cdot P i^2)) \leq 0.60 \quad (10)$$

【請求項 1 4】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1, 2, 4 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.01 \leq P D / P T \leq 0.20 \quad (11)$$

ただし、 $P D$ ：前記第  $i$  面に形成された回折構造を

$$\Phi b = b_{2i} h^2 + b_{4i} h^4 + b_{6i} h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数で表したとき（ここで、 $h$  は光軸からの高さ (mm) であり、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$  はそれぞれ 2 次、4 次、6 次、 $\dots$  の光路差関数係数である）、 $P D = \Sigma (-2 \cdot b_{2i})$  により定義される回折構造のみのパワー ( $\text{mm}^{-1}$ )

$P T$ ：屈折レンズと回折構造とを合わせた対物レンズ全系のパワー ( $\text{mm}^{-1}$ )

【請求項 1 5】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$|\Delta f B \cdot N A^2| \leq 0.25 \mu\text{m} \quad (12)$$

ただし、 $\Delta f B$ ：光源の波長が  $+1 \text{ nm}$  変化したときの対物レンズの焦点位置の変化 ( $\mu\text{m}$ )

【請求項 1 6】 回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とをあわせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際にバックフォーカス

が短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、

次式を満たすことを特徴とする請求項 1, 2, 3, 5, 7 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (13)$$

ただし、 $\Delta CA$  : 波長の変化に対する軸上色収差の変化量 (mm)

$\Delta SA$  : 波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量 (mm)

【請求項 17】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$0.2 \leq |(Ph/Pf) - 2| \leq 5.0 \quad (14)$$

ただし、 $Pf$  : 光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数における回折輪帯間隔 (mm)

$Ph$  : 光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数の  $1/2$  の開口数における回折輪帯間隔 (mm)

【請求項 18】 前記第  $i$  面に形成された回折構造で発生する  $n_i$  次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために前記回折構造で発生した  $n_i$  次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項 1 乃至 17 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。ここで、 $n$  は 0、 $\pm 1$  以外の整数である。

【請求項 19】 次式を満たすことを特徴とする請求項 1, 2, 3, 4, 6, 8 乃至 18 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

$$1.5 \leq f_1 / f_2 \leq 5.0 \quad (15)$$

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 6.0 \quad (16)$$

ただし、 $f_i$  : 第  $i$  レンズの焦点距離 (mm) ( $i = 1$  または  $2$ )

$r_i$  : 各面の近軸曲率半径 (mm) ( $i = 1$  または  $2$ )

【請求項 20】 次式を満たすことを特徴とする請求項 5 または 7 に記載の対物レンズ。

$$1.5 \leq f_1 / f_2 \leq 5.0$$

ただし、 $f_i$  : 第  $i$  レンズの焦点距離 (mm) ( $i = 1$  または  $2$ )



【請求項 2 1】 使用波長が 5 0 0 n m 以下であり、前記使用波長領域で厚さが 3 m m における内部透過率が 8 5 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5, 7 乃至 2 0 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 2 2】 飽和吸水率が 0. 5 % 以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 2 1 のいずれか 1 項に記載の対物レンズ。

【請求項 2 3】 光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 2 4】 光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 2 5】 光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであって、

前記集光光学系は少なくとも 1 枚のプラスチック材料から形成された光学素子を含み、

前記光源と前記対物レンズとの間に、温湿度変化に起因して前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする集光

光学系。

【請求項 2 6】 光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであって、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光情報記録媒体の透明基板厚さの微小な変動に起因して発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項 2 7】 光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項 1 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の対物レンズであって、

前記光情報記録媒体の透明基板厚さの微小な変動、前記光源の発振波長の微小な変動及び温湿度変化のうち少なくとも 2 つ以上の組み合わせに起因して前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする集光光学系。

【請求項 2 8】 前記球面収差補正手段は屈折率分布が可変であることを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 7 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 2 9】 前記球面収差補正手段は、光軸に沿って変移することで、出射する光束の発散度を変化させることが可能な光学素子を少なくとも 1 つ含むことを特徴とする請求項 2 3 乃至 2 8 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 3 0】 前記光学素子は比重が 2. 0 以下の材料から形成されていることを特徴とする請求項 2 9 記載の集光光学系。

【請求項 3 1】 前記光学素子はプラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項 2 9 または 3 0 載の集光光学系。

【請求項 3 2】 表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された構造を有する光情報記録媒体への情報の記録および／または再生が可能な集光光

学系であって、前記対物レンズを光軸方向に沿って変移することで上記複数の情報記録面への情報の記録および／または再生のためにフォーカシングさせ、かつ上記複数の情報記録層での透明基板の厚さの違いによって生じる球面収差の変動を前記球面収差補正手段により補正することを特徴とする請求項 2 3 乃至 3 1 のいずれか 1 項に記載の集光光学系。

【請求項 3 3】 5 0 0 n m 以下の波長の光を発生する光源と、球面収差の変動を補正する手段と、該球面収差補正手段を介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズとを含む集光光学系と、を備え、前記情報記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、

前記情報記録面からの反射光を検出することで、前記対物レンズのトラッキング誤差および／またはフォーカシング誤差を検出するための第 1 の検出手段と、

前記第 1 の検出手段の検出結果に応じて、該トラッキング誤差および／またはフォーカシング誤差を低減するために前記対物レンズを駆動させる第 1 の駆動装置と、

前記情報記録面からの反射光を検出することで、前記集光光学系で発生した球面収差の変動を検出するための第 2 の検出手段と、

前記第 2 の検出手段の検出結果に応じて、該球面収差の変動を低減するために前記球面収差補正手段を駆動させる第 2 の駆動装置と、を具備し、

前記集光光学系は請求項 2 2 乃至 3 2 のいずれか 1 項に記載の集光光学系であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項 3 4】 請求項 3 3 記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする、音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、対物レンズ、集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

近年、短波長赤色半導体レーザーの実用化に伴い、従来の光ディスク（光情報記録媒体ともいう）である、C D（コンパクトディスク）と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光ディスクであるD V D（デジタルパーサタイルディスク）が開発・製品化されているが、近い将来には、より高密度な次世代の光ディスクが登場することが予想される。このような次世代の光ディスクを媒体とした光情報記録再生装置の光学系では、記録信号の高密度化を図るため、或いは高密度記録信号を再生するため、対物レンズを介して情報記録面上に集光するスポットの径を小さくすることが要求される。そのためには、光源であるレーザーの短波長化や対物レンズの高開口数化が必要となる。短波長レーザー光源としてその実用化が期待されているのは、発振波長4 0 0 n m程度の青紫色半導体レーザーである。

## 【 0 0 0 3 】

ところで、レーザー光源の短波長化や対物レンズの高開口数化が図られてくると、C DやD V Dのごとき従来の光ディスクに対して情報の記録または再生を行うような、比較的長波長のレーザー光源と低開口数の対物レンズとの組み合わせからなる光ピックアップ装置では、ほとんど無視できた問題でも顕在化されることが予想される。

## 【 0 0 0 4 】

その1つがレーザー光源の微少な発振波長の変動により対物レンズで生じる軸上色収差の問題である。光ピックアップ装置において光源として用いられる半導体レーザーから出射される光束の波長は一般に単色であるので、対物レンズでは軸上色収差は発生しないと思われているが、出力の変化により瞬時的に波長が数n mほど変化するモードホップ現象を起こす場合がある。対物レンズの軸上色収差が補正されていない場合には、モードホップ現象によって集光位置が変化し情報の記録および／または再生に誤りが生じる可能性がある。光源の波長が短くなるに従い集光位置の変化量が大きくなるので、光ピックアップ装置の光源として発振波長5 0 0 n m以下の短波長半導体レーザー、特に発振波長4 0 0 n m程度の青紫色半導体レーザーを用いた場合は対物レンズで発生する軸上色収差の補正が必要と

なる。

【0005】

ところで、NA0.7以上の高NAの対物レンズとして、2枚の正レンズで構成することにより屈折力を4つの面に分配して各面の曲率を大きくすることで金型加工時やレンズ成形時の誤差感度を緩和したレンズが提案されている。しかし、このようにNAが大きく、かつ小径の対物レンズを2枚の正レンズで構成するとワーキングディスタンスが小さくなりがちであるので、光情報記録媒体のそりによって対物レンズが光情報記録媒体と接触する可能性が大きいという問題がある。

【0006】

また、プラスチックレンズはガラスレンズと比較して温度変化による屈折率や形状変化が大きいので、それによる性能劣化が問題となりやすい。この性能劣化、すなわち球面収差の増大は高NAになるほど大きいので（一般にNAの4乗に比例して増大する）、NA0.70以上のプラスチック材料から形成された対物レンズでは30℃程度の温度変化があると、情報の記録および／または再生に支障をきたす可能性がある。

【0007】

さらに、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化において顕在化する別の問題は、光源の微少な発振波長変動によって対物レンズで発生する球面収差の変動である。光ピックアップ装置において光源として用いられる半導体レーザはその発振波長に±10nmほどの個体間のばらつきがある。基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザを光源に用いた場合、対物レンズで発生する球面収差は開口数が大きくなるほど大きくなるので、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザは使用できなくなり、光源として使用する半導体レーザの選別が必要となる。

【0008】

さらに、レーザ光源の短波長化と対物レンズの高開口数化において顕在化する別の問題は、光ディスクの保護層（透明基板ともいう）の厚み誤差に起因する光学系の球面収差の変動である。保護層の厚み誤差により生じる球面収差は、対物

レンズの開口数の4乗に比例して発生するので対物レンズの開口数が大きくなるにつれて保護層の厚み誤差の影響が大きくなり、安定した情報の記録または再生が出来なくなる恐れがある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、小径でかつワーキングディスタンスが大きく、かつレーザ光源のモードホップ現象等に起因して発生する軸上色収差が効果的に補正された光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0010】

また、プラスチック材料から形成された高NAの対物レンズであっても、利用可能な温度範囲が大きく、かつレーザ光源のモードホップ現象等に起因して発生する軸上色収差が効果的に補正された光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の2枚の正レンズからなる対物レンズを提供することを目的とする。

【0011】

また、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明による対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式(1)、(2)を満たすことを特徴とする。

【0013】

$$NA \geq 0.70 \quad (1)$$

【0014】

$$0.05 < WD/ENP < 0.25 \quad (2)$$

ただし、NA：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス（mm）

ENP：前記対物レンズの入射瞳径（mm）

#### 【0015】

この対物レンズのようにレンズを2枚の正レンズで構成すると、光線に対する屈折力を4つの面に分配できるので、各屈折面での収差の発生量が小さく、高NAの光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、かつ各屈折面の偏心など誤差による諸収差の劣化が少なく製造しやすい対物レンズとすることができる。

#### 【0016】

また、光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数（NA）を0.70以上に高めることで（従来の光情報記録媒体、例えばCDでは0.45、DVDでは0.60である）、情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、従来の光情報記録媒体よりも高密度に記録および／または高密度記録された情報の再生が光情報記録媒体に対して可能となる。しかしながら、NAの大きい対物レンズを2枚の正レンズで構成するとワーキングディスタンスが小さくなりがちであるので、光情報記録媒体のそりによって対物レンズが光情報記録媒体と接触する可能性が大きいという問題が発生する。ワーキングディスタンスを大きく確保するには、対物レンズの焦点距離を大きくする、すなわち、対物レンズの入射瞳径を大きくすることが有効であるが、この場合、光ピックアップ装置が大型化してしまうので、実用上好ましくない。ピックアップ装置の小型化とワーキングディスタンスの確保を両立するには（2）式を満たすことが好ましい。（2）式の上限を越えないようにすると、第2レンズのパワーが強くなりすぎないので、第2レンズの製造誤差感度や、第1レンズと第2レンズの光軸ずれによる収差劣化を小さく抑えることができ、製造しやすいレンズとすることができる。さらに、正弦条件が良好に補正されたレンズとすることができる。（2）式の下限を越えないようにすると、小径であっても、ワーキングディスタンスを大きく確保することができるので、光情報記

録媒体のそりによる対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができ、光ピックアップ装置を小型化することができる。

## 【 0 0 1 7 】

また、本発明による別の対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式(3)を満たすことを特徴とする。

## 【 0 0 1 8 】

$$0.05 < WD / ENP < 0.15 \quad (3)$$

ただし、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス (mm)

ENP：前記対物レンズの入射瞳孔径 (mm)

## 【 0 0 1 9 】

この対物レンズのように、各レンズをプラスチック材料から形成すると、レンズの体積が大きい2枚のレンズで構成された高NAの対物レンズであっても軽量であるので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担の軽減、高速な追従、小型のアクチュエータでの駆動等が可能であり、かつ、射出成形などより大量生産が安価に可能となる。

## 【 0 0 2 0 】

また、一般的なプラスチック光学材料のアップベ数は55前後であり、アップベ数が特異な値を持たないが、輪帯状の回折構造を設けることで回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用を適切に組み合わせることにより軸上色収差を良好に補正できる。特に、波長の短い光源で波長の微少変化に対して光学材料の屈折率が大きく変化しても軸上色収差を十分に補正できるので光源のモードホップ現象など瞬間的な波長変化が起こっても集光スポットが大きくなることがない。

## 【 0 0 2 1 】

また、プラスチックレンズはガラスレンズと比較して温度変化による屈折率や形状変化が大きいので、それによる性能劣化が問題となりやすい。この性能劣化



、すなわち球面収差の増大は、 $NA$ の4乗に比例して大きくなるので、高 $NA$ になるほど問題となる。一般にプラスチックレンズの温度変化に対する屈折率の変化は $-10 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 程度である。高 $NA$ の対物レンズをプラスチック材料から形成された2枚のレンズで構成する場合、対物レンズの入射瞳径に対してワーキングディスタンスが小さいと、温度上昇時には補正不足方向の3次球面収差が発生し、温度下降時には補正過剰方向の3次球面収差が発生する。これに対し、対物レンズの入射瞳径に対してワーキングディスタンスを大きくしていくと、温度変化時に上述の3次球面収差とは逆極性の5次以上の高次球面収差を発生させることができる。このとき、対物レンズの入射瞳径とワーキングディスタンスが(3)式を満たすことにより、3次球面収差の発生量と、逆極性の高次球面収差の発生量とのバランスを良好にとることが可能となり、プラスチック材料から形成された高 $NA$ の対物レンズであっても、温度変化時における波面収差の劣化の少ない対物レンズとすることができる。(3)式の下限以上で温度上昇時のマージナル光線の球面収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で温度上昇時のマージナル光線の球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、(3)式の下限以上で温度下降時のマージナル光線の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下で温度下降時のマージナル光線の球面収差が補正不足になり過ぎない。

## 【0022】

また、本発明による更に別の対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式(4)を満たすことを特徴とする。

## 【0023】

$$0.05 \leq PD/PT \leq 0.20 \quad (4)$$

ただし、 $PD$ ：前記第 $i$ 面に形成された回折構造を

$$\Phi b = b_{2i} h^2 + b_{4i} h^4 + b_{6i} h^6 + \dots \quad (A)$$

により定義される光路差関数で表したとき（ここで、 $h$ は光軸からの高さ（mm）であり、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$

・の光路差関数係数である)、 $PD = \Sigma (-2 \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみのパワー ( $\text{mm}^{-1}$ )

PT: 屈折レンズと回折構造とを合わせた対物レンズ全系のパワー ( $\text{mm}^{-1}$ )

#### 【0024】

この対物レンズのように、回折構造のみのパワーと対物レンズ全系のパワーが(4)式を満たすように対物レンズの回折構造を決定することで、対物レンズで発生する軸上色収差を良好に補正することができる。(4)式の下限以上で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の軸上色収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の軸上色収差が補正過剰になり過ぎない。

#### 【0025】

また、本発明による更に別の対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および/または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とをあわせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際にバックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、次式(5)を満たすことを特徴とする。

#### 【0026】

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (5)$$

ただし、 $\Delta CA$ : 波長の変化に対する軸上色収差の変化量 ( $\text{mm}$ )

$\Delta SA$ : 波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量 ( $\text{mm}$ )

#### 【0027】

この対物レンズのように、回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とを合わせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした場合に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、(5)式を満たすことが好ましい。回折作用により、対物レンズの軸上色収差をほぼ完全補正し、かつ長・短波長側の球面収差カーブを基準波長の球面収差カーブと平行になるように補正すると(以下、色収差完全補正型とよぶ)、レーザ光源のモード

ホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化の小さい対物レンズとすることができ、ところが、色収差完全補正型とした回折型対物レンズでは、回折輪帯の間隔が小さくなりがちであるので、輪帯構造の形状誤差による影響が大きく現れ、十分な回折効率が得られないという問題がある。そこで、本発明者は、前述の問題を解決するために、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化を小さく抑えてもなお回折輪帯の間隔が小さくなり過ぎない回折型対物レンズを提案する。すなわち、長・短波長側の球面収差は補正せずに、対物レンズの軸上色収差を補正過剰として基準波長の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブを交差させることで（以下、色収差過剰補正型とよぶ）、光源の波長がシフトした際の最適書き込み位置の移動を小さく抑えることが可能となり、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化の小さい対物レンズとすることができ、さらに、これにより色収差過剰補正型の対物レンズよりも回折輪帯間隔を大きくすることができる。

## 【 0 0 2 8 】

また、本発明による更に別の対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式（6）を満たすことを特徴とする。

## 【 0 0 2 9 】

$$1. \quad 0 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 6.0 \quad (6)$$

ただし、 $r_i$ ：各面の近軸曲率半径（mm）（ $i = 1$ または2）

## 【 0 0 3 0 】

この対物レンズのように、（6）式の上限を超えないようにすると第1レンズのメニスカスの度合いが大きくなりすぎることがなく、第1レンズの第1面と第2面との間の軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。下限を超えないようにすると球面収差の補正が不足しない。

## 【 0 0 3 1 】

また、本発明による更に別の対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置される正屈折力の

第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、第 2 面を含む少なくとも 1 つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式 (7) を満たすことを特徴とする。

【0032】

$$1. 0 < (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \quad (7)$$

ただし、 $r_i$  : 各面の近軸曲率半径 (mm) ( $i=1$ または $2$ )

【0033】

2 枚の正レンズで構成された高 NA の対物レンズでは、第 1 レンズが (1) 式を満たす形状、即ち、メニスカス形状を有する場合、第 2 面に対するマージナル光線の入射角が小さくなる傾向がある。この傾向は、ワーキングディスタンス (WD) の入射瞳径 (ENP) に対する比 ( $WD/ENP$ ) の値が 0.05 より大きくなると特に顕著になる。そのため、第 2 面での反射光が、光ピックアップ装置の光検出器の受光面上にスポットを結ぶことに起因する光検出器による不要光の検出を防ぐため 2 枚の正レンズで構成された高 NA の対物レンズにおいて、第 1 レンズがメニスカス形状を有する場合は第 2 面に対するマージナル光線の入射角が小さくなり過ぎないように制御する必要があった。本対物レンズのように、メニスカス形状を有する第 1 レンズを有する 2 枚構成の高 NA 対物レンズに回折構造を設ける場合、第 2 面に回折構造を設けると、以下に述べる理由により球面収差およびコマ収差をより精緻に補正することができる。透過光に対して  $n$  次回折光の強度が最大となるように光軸方向の段差が最適化された輪帯回折構造で発生する反射回折光のうち、最大の強度を有するのは  $m$  ( $\neq n$ ) 次回折光であるので、回折構造が設けられた第 2 面に入射するマージナル光線の入射角と第 2 面で発生する上記  $m$  次回折光の反射角は必ず異なる値となり、反射光が光検出器の受光面上にスポットを結ばない。その結果、第 2 面に対するマージナル光線の入射角を自由に選択することができるようになり、より精緻に球面収差およびコマ収差が補正された高性能な対物レンズとすることができる。

【0034】

また、本発明による更に別の対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置される正屈折力の第 1 レンズと正屈折力の第 2 レンズとからなり、少なくとも 1 つの面に輪帯状の

回折構造を有し、使用波長が 5 0 0 n m 以下であり、前記使用波長領域で厚さが 3 m m における内部透過率が 8 5 % 以上である材料から形成されていることを特徴とする。

## 【 0 0 3 5 】

この対物レンズのように、使用波長を 5 0 0 n m 以下とすることで、情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、従来の光情報記録媒体より高密度に記録および／または高密度記録された情報の再生が光情報記録媒体に対して可能となる。また、本発明の対物レンズは光源の発振波長の光に対して、厚さ 3 m m における内部透過率が 8 5 % 以上である光学材料から形成されることが好ましい。5 0 0 n m 以下、特に 4 0 0 n m 程度の発振波長をもつ短波長光源を用いた場合は光学材料の光の吸収による透過率の低下が問題となるが、対物レンズを上記のような内部透過率をもつ材料から形成することで記録時に光源の出力を大きくしなくてもすみ、また再生時の読み出し信号の S / N 比をよくすることができる。

## 【 0 0 3 6 】

また、上述の各対物レンズにおいて、第 1 面から第 3 面のうち、少なくとも 2 つの面が非球面であることが好ましい。このように、全部で 4 面の光学面のうち、第 1 面から第 3 面までの少なくとも 2 つの面を非球面とすると、球面収差の他にさらにコマ収差、非点収差を良好に補正することができる。このとき、少なくとも第 1 面と第 3 面の 2 つの面を非球面とするとより精緻に収差補正ができるので好ましい。さらに、第 2 面も非球面とすることで、第 1 レンズと第 2 レンズの光軸のずれにより発生する収差を小さく抑えることができるのでより好ましい。また、対物レンズがプラスチック製であれば屈折面を非球面とすることは容易であり、製造コストが増加することはない。なお、本明細書では、レンズ面を光源側から第 1 面とする。

## 【 0 0 3 7 】

また、上述の各対物レンズにおいて、次式 ( 8 ) を満たすことが好ましい。

## 【 0 0 3 8 】

$$N A \geq 0 . 7 0$$

( 8 )

## 【 0 0 3 9 】

また、上述の各対物レンズにおいて、2つ以上の面に輪帯状の回折構造を形成することが好ましい。このように、2つ以上の面を回折面とし、回折パワーを2つ以上の面に分配することで、各面に設けられた回折輪帯の間隔を大きくすることができるので、製造しやすく、それでいて回折効率の良い対物レンズとすることができる。

## 【 0 0 4 0 】

また、上述の各対物レンズにおいて、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成されることが好ましい。このように、各レンズをプラスチック材料から形成すると、レンズの体積が大きい2枚のレンズで構成された高NAの対物レンズであっても軽量であるので、フォーカシング用のアクチュエータへの負担の軽減、高速な追従、小型のアクチュエータでの駆動等が可能であり、かつ、射出成形などより大量生産が安価に可能となる。

## 【 0 0 4 1 】

また、上述の各対物レンズにおいて、次式(9)を満たすことが好ましい。このように、アッベ数が(9)式を満たすような特異な値を持たない一般的な光学材料で上述のレンズを形成した場合でも、回折構造を有することで軸上色収差を良好に補正することができるので、光学材料の選択の幅を広げることができ、材料費のコストダウンを図れる。

## 【 0 0 4 2 】

$$vdi \leq 65.0 \quad (9)$$

ただし、 $vdi$ ：第*i*レンズの*d*線のアッベ数( $i=1$ または2)

## 【 0 0 4 3 】

また、上述の各対物レンズにおいて、基準波長を $\lambda$ (mm)、前記対物レンズ全系の焦点距離を*f*(mm)、前記第*i*面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数を*n<sub>i</sub>*、前記第*i*面の有効径内の回折構造の輪帯数を*M<sub>i</sub>*、第*i*面の有効径内の回折構造の輪帯間隔の最小値を*P<sub>i</sub>*(mm)としたとき、次式(10)を満たすことが好ましい。このように、(10)式を満たすように対物レンズの回折構造を決定することで、対物レンズで発

生する軸上色収差を良好に補正することができる。(10)式の下限以上で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の軸上色収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の軸上色収差が補正過剰になり過ぎない。

【0044】

$$0.04 \leq f \cdot \lambda \cdot \sum (n_i / (M_i \cdot P_i^2)) \leq 0.60 \quad (10)$$

【0045】

また、上述の各対物レンズにおいて、次式(11)を満たすことが好ましい。このように、回折構造のみのパワーと対物レンズ全系のパワーが(11)式を満たすように対物レンズの回折構造を決定することで、対物レンズで発生する軸上色収差を良好に補正することができる。(11)式の下限以上で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の軸上色収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で光情報記録媒体の情報記録面上にスポットを結んだときの波面の軸上色収差が補正過剰になり過ぎない。

【0046】

$$0.01 \leq PD / PT \leq 0.20 \quad (11)$$

ただし、PD：前記第i面に形成された回折構造を

$$\Phi b = b_{2i} h^2 + b_{4i} h^4 + b_{6i} h^6 + \dots$$

により定義される光路差関数で表したとき(ここで、hは光軸からの高さ(mm)であり、 $b_{2i}$ 、 $b_{4i}$ 、 $b_{6i}$ 、 $\dots$ はそれぞれ2次、4次、6次、 $\dots$ の光路差関数係数である)、 $PD = \sum (-2 \cdot b_{2i})$ により定義される回折構造のみのパワー( $\text{mm}^{-1}$ )

PT：屈折レンズと回折構造とを合わせた対物レンズ全系のパワー( $\text{mm}^{-1}$ )

【0047】

また、上述の各対物レンズにおいて、次式(12)を満たすことが好ましい。このように、回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用を適切に組み合わせて軸上色収差の補正を行った場合、(12)式を満たすことが好ましい。(12)式の上限以下で光源のモードホップ現象など瞬間的な波長変化が起こっても集光スポットが大きくなりすぎることがない。

【 0 0 4 8 】

$$|\Delta f_B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu m \quad (12)$$

ただし、 $\Delta f_B$ ：光源の波長が +1 nm 変化したときの対物レンズの焦点位置の変化 ( $\mu m$ )

【 0 0 4 9 】

また、上述の各対物レンズにおいて、回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とを合わせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした場合に、バックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、(13) 式を満たすことが好ましい。この回折作用により、長・短波長側の球面収差は補正せずに、対物レンズの軸上色収差を補正過剰として基準波長の球面収差カーブと長・短波長側の球面収差カーブを交差させることで、光源の波長がシフトした際の最適書き込み位置の移動を小さく抑えることが可能となり、光源のモードホップ現象や高周波重畳時の波面収差の劣化の小さい対物レンズとすることができ、さらに、これにより色収差過剰補正型の対物レンズよりも回折輪帯間隔を大きくすることができる。

【 0 0 5 0 】

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (13)$$

ただし、 $\Delta CA$ ：波長の変化に対する軸上色収差の変化量 (mm)

$\Delta SA$ ：波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量 (mm)

【 0 0 5 1 】

また、上述の各対物レンズにおいて、次式を満たすことが好ましい。このように、回折構造の輪帯間隔すなわち光軸に垂直な方向の輪帯間隔が (14) 式を満たすことで、軸上色収差が補正されるとともに、波長変動時の球面収差も良好に補正することができるので、基準波長からずれた発振波長を有するレーザ光源を光ピックアップ装置に組み込む際のコリメータ調整が不要となり大幅な光ピックアップ装置の組み立て時間の短縮が達成できる。光路差関数が 2 次の光路差関数係数 (回折面係数ともいう) しか有しないならば、 $(Ph/Pf) - 2 = 0$  となるが、基準波長からの微少な波長変化によって生じる球面収差の変化を回折の作用により良好に補正するために、光路差関数の高次の光路差関数係数を用い



る。このとき、 $(P_h/P_f) - 2$ が0からある程度離れた値をとることが好ましく、(14)式を満たしていれば、波長変化による球面収差の変化を回折の作用により良好に打ち消すことができる。下限以上で基準波長から波長が変化したときの球面収差の補正が不足し過ぎず、上限以下で基準波長から波長が変化したときの球面収差の補正が過剰になり過ぎない。

## 【0052】

$$0.2 \leq |(P_h/P_f) - 2| \leq 5.0 \quad (14)$$

ただし、 $P_f$ ：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数における回折輪帯間隔（mm）

$P_h$ ：光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の像側開口数の1/2の開口数における回折輪帯間隔（mm）

## 【0053】

また、上述の各対物レンズにおいて、前記第*i*面に形成された回折構造で発生する*n<sub>i</sub>*次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために前記回折構造で発生した*n<sub>i</sub>*次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることが好ましい。この構成は、2次以上の高次の回折光を利用して光情報記録媒体への情報の記録および／または再生を行う対物レンズに関する。輪帯状の回折構造を2次以上の高次の回折光の回折効率が最大となるように形成すると、各輪帯間の段差および各輪帯間の間隔が大きくなり回折構造の形状要求精度が厳しくなりすぎない。一般に1次の回折光を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合には、回折効率の波長変化による低下が大きい、単一波長に近い光源を用いる場合にはほとんど問題にならないので、製造し易く十分な回折効率を有した回折構造を有する対物レンズを得ることができる。

## 【0054】

また、上述の各対物レンズにおいて、次式(15)、(16)を満たすことが好ましい。このように、(15)式は第1レンズと第2レンズのパワー配分を適切にするためのものであり、上限を超えないようにすると、すなわち第2レンズのパワーが大きくなりすぎないようにすると、第3面すなわち第2レンズの光源

側の面の曲率半径が小さくなり過ぎず、第 1 レンズと第 2 レンズの光軸ずれによる収差劣化を小さく押さえることができ、また、第 2 レンズの中心レンズ厚さに対する誤差感度が大きくなりすぎない。下限を超えないようにすると、すなわち第 1 レンズのパワーが大きくなりすぎないようにすると、コマ収差や非点収差などの像高特性を良好に補正することができる。また、(16) 式の上限を超えないようにすると第 1 レンズのメニスカスの度合いが大きくなりすぎることがなく、第 1 レンズの第 1 面と第 2 面との間の軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。下限を超えないようにすると球面収差の補正が不足しない。

## 【0055】

$$1. \quad 5 \leq f_1 / f_2 \leq 5.0 \quad (15)$$

## 【0056】

$$0. \quad 3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 6.0 \quad (16)$$

ただし、 $f_i$  : 第  $i$  レンズの焦点距離 (mm) ( $i = 1$  または  $2$ )

$r_i$  : 各面の近軸曲率半径 (mm) ( $i = 1$  または  $2$ )

## 【0057】

また、上述の各対物レンズにおいて、使用波長が 500 nm 以下であり、前記使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85 % 以上である材料から形成されていることが好ましい。このように、使用波長を 500 nm 以下とすることで、情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、従来の光情報記録媒体より高密度に記録および／または高密度記録された情報の再生が光情報記録媒体に対して可能となる。また、本対物レンズが光源の発振波長の光に対して、厚さ 3 mm における内部透過率が 85 % 以上である光学材料から形成されることが好ましい。500 nm 以下、特に 400 nm 程度の発振波長をもつ短波長光源を用いた場合は光学材料の光の吸収による透過率の低下が問題となるが、対物レンズを上記のような内部透過率をもつ材料から形成することで記録時に光源の出力を大きくしなくてもすみ、また再生時の読み出し信号の S/N 比をよくすることができる。

## 【0058】

また、上述の各対物レンズにおいて、飽和吸水率が 0.5 % 以下である材料か

ら形成されていることが好ましい。このようにすると、対物レンズが空気中の水分を吸収する過程において光学素子中に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによって発生する収差や位相変化にともなう回折効率の低下を抑えることができる。特に対物レンズの開口数が大きいと、収差発生や回折効率低下は大きくなる傾向にあるが、上記のようにすると十分小さく抑えることができる。なお、プラスチック材料としては、ポリオレフィン系樹脂が好ましく、ポリオレフィン系のノルボルネン系樹脂がより好ましい。

#### 【 0 0 5 9 】

以上述べたように本発明による各対物レンズによって、2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、小径でかつワーキングディスタンスが大きく、かつレーザ光源のモードホップ現象等に起因して発生する軸上色収差が効果的に補正された対物レンズ、およびプラスチック材料から形成された高NAの対物レンズであっても、利用可能な温度範囲が大きく、かつレーザ光源のモードホップ現象等に起因して発生する軸上色収差が効果的に補正された2枚の正レンズからなる対物レンズが得られるが、NAが大きく、波長のより短い光源を用いて記録密度を大きくしようとする場合、さまざまな誤差の影響、特に球面収差の変動が無視できなくなる。

#### 【 0 0 6 0 】

そこで、本発明による集光光学系は、光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは上述した各対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする。このように、光源と対物レンズの間に球面収差の変動を補正する手段を設けるとさまざまな誤差があっても良好な集光特性を維持できる集光光学系を得ることができる。

#### 【 0 0 6 1 】

また、本発明による別の集光光学系は、光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報

の記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは上述した各対物レンズであって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微少な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする。このように、光源の発振波長の差によって生ずる球面収差の変動を補正する補正手段を設けると、基準波長からずれた発振波長を有するレーザ光源を使用した場合でも集光スポットが良好な集光光学系を得ることでき、レーザ光源の選別が必要なくなるので、光ピックアップ装置の製造時間の短縮を図れる。

## 【 0 0 6 2 】

また、本発明による更に別の集光光学系は、光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは上述した各対物レンズであって、前記集光光学系は少なくとも1枚のプラスチック材料から形成された光学素子を含み、前記光源と前記対物レンズとの間に、温湿度変化に起因して前記集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする。このように、温度湿度の変化により、プラスチック材料で形成された光学素子で発生する球面収差変動を補正する補正手段を設けると、環境変化に対しても常に集光スポットを良好に保つことができるので、集光光学系に含まれる構成素子をプラスチック材料から形成することが可能となり、大幅なコストダウンを図れる。

## 【 0 0 6 3 】

また、本発明による更に別の集光光学系は、光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは上述した各対物レンズであって、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変動に起因して発生する球面収差の変動を補正する手段を設けたことを特徴とする。このように、光情報記録媒体の透明基板厚さの変動によって生ずる球面収差の変動を補正する補正手段を設けると、光情報記録媒体に製造誤差などがあっても常に集光スポットを良好に保つことができるの

で、光情報記録媒体の製造誤差に対する要求精度が厳しくなりすぎないので、光情報記録媒体の量産性を高めることができる。

## 【 0 0 6 4 】

また、本発明による更に別の集光光学系は、光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは上述した各対物レンズであって、前記光情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変動、前記光源の発振波長の微少な変動及び温湿度変化のうち少なくとも2つ以上の組み合わせに起因して集光光学系の各光学面（光情報記録媒体の透明基板を含む）で生じる球面収差の変動を補正することを特徴とする。このように、温湿度変化、あるいは光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、あるいは光源の発振波長の微少変動の組み合わせによって生ずる球面収差の変動を補正する手段を設ければ、常に集光特性の良好な集光光学系を得ることができる。このような補正手段を設ければ、対物レンズ、光源、光情報記録媒体などへの製造精度の要求が厳しくなりすぎず、それであって性能のよい集光光学系が得られる。

また、上述の各集光光学系において、前記球面収差補正手段は屈折率分布が可変であることが好ましい。このように電圧印加などにより屈折率の分布を生じせしめる装置で、球面球面収差の変動を補正するようにすると、可動部がなく機械的に簡単な構造の集光光学系を得ることができる。

## 【 0 0 6 5 】

また、上述の各集光光学系において、前記球面収差補正手段は、光軸に沿って変移することで、出射する光束の発散度を変化させることが可能な光学素子を少なくとも1つ含むことが好ましい。このように、球面収差補正手段は光軸に沿って変移することで、出射する光束の発散度を変化させることが可能な光学素子を少なくとも1つ含む構成であっても良い。上記光学素子を光軸に沿って変移させ、対物レンズに入射する光束の発散度を変化させれば、温湿度変化、あるいは光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、あるいは光源の発振波長の微少変動等によって生ずる球面収差は主に3次球面収差であるので、それらを補正することができる。

## 【 0 0 6 6 】

また、上述の各集光光学系において、前記光学素子は比重が 2. 0 以下の材料から形成されていることが好ましい。このように、光軸に沿って変移可能な光学素子を比重が 2. 0 以下の材料で形成すれば、上記光学素子が十分に軽量で、球面収差の変動が高速で起こる場合でも容易に追従可能な球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。また、より小型のアクチュエータで上記光学素子を変移させることができ光ピックアップ装置の小型化が達成できる。

## 【 0 0 6 7 】

また、上述の各集光光学系において、前記光学素子はプラスチック材料から形成されていることが好ましい。このように、光軸に沿って変移可能な光学素子をプラスチック材料で構成すると更に射出成形などより大量生産が可能となり、安価な球面収差補正手段を得ることができる。

## 【 0 0 6 8 】

また、上述の各集光光学系において、表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された構造を有する光情報記録媒体への情報の記録および／または再生が可能な集光光学系であって、前記対物レンズを光軸方向に沿って変移することで上記複数の情報記録面への情報の記録および／または再生のためにフォーカシングさせ、かつ上記複数の情報記録層での透明基板の厚さの違いによって生じる球面収差の変動を前記球面収差補正手段により補正することが好ましい。

## 【 0 0 6 9 】

この集光光学系は、光情報記録媒体の表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された構造を有する光情報記録媒体に対して情報の記録および／または再生が可能な光ピックアップ装置用の集光光学系に関する。表面から情報記録層までの透明基板の厚さの違いによる球面収差を球面収差補正手段によって良好に補正でき、さらに対物レンズを光軸方向に変移させれば、所望の情報記録層に合焦できるので、それぞれの情報記録面上に良好な波面を形成できる。したがって、光情報記録媒体の片側の面に 2 倍、あるいはそれ以上の容量の情報を記録および／または再生が可能となる。

## 【 0 0 7 0 】

また、本発明による光ピックアップ装置は、500nm以下の波長の光を発生する光源と、球面収差の変動を補正する手段と、該球面収差補正手段を介した光束を光情報記録媒体の情報記録面に集光させるための対物レンズとを含む集光光学系と、を備え、前記情報記録面からの反射光を検出することで前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行う光ピックアップ装置であって、前記情報記録面からの反射光を検出することで、前記対物レンズのトラッキング誤差および／またはフォーカシング誤差を検出するための第1の検出手段と、前記第1の検出手段の検出結果に応じて、該トラッキング誤差および／またはフォーカシング誤差を低減するために前記対物レンズを駆動させる第1の駆動装置と、前記情報記録面からの反射光を検出することで、前記集光光学系で発生した球面収差の変動を検出するための第2の検出手段と、前記第2の検出手段の検出結果に応じて、該球面収差の変動を低減するために前記球面収差補正手段を駆動させる第2の駆動装置と、を具備し、前記集光光学系は上述した各集光光学系であることを特徴とする。

## 【0071】

この光ピックアップ装置は、DVDより高密度・大容量の次世代の光情報記録媒体に対する記録および／または再生を行うための光ピックアップ装置に関する。対物レンズの少なくとも1つの面に、光源の波長が長波長側に微少変動した場合に対物レンズのバックフォーカスが短くなるような波長特性をもつ回折構造を設けることで、500nm以下のような短波長光源を用いた際に問題となる対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正し、さらに、光源と対物レンズの間に球面収差補正手段を有することで、集光光学系中の各光学面で生じる球面収差の変動を良好に補正する。第2の駆動装置は球面収差補正手段を駆動させるが、このとき、情報記録面上に集光された光束の集光状態を検出する第2の検出手段での信号をモニターしながら集光光学系で発生した球面収差が最適に補正されるように上記球面収差補正手段を駆動させる。この第2の駆動装置としては、ボイスコイル型アクチュエーターやピエゾアクチュエーターなどを用いることができる。

## 【0072】

また、上述の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする、音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置によれば、音声・画像の記録装置・再生装置が上述の光ピックアップ装置を搭載したことにより、DVDより高密度・大容量の次世代の光情報記録媒体に対して音声・画像の記録または再生を良好に行うことができる。

【0073】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明による第1～第4の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0074】

#### 〈第1の実施の形態〉

【0075】

第1の実施の形態による対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用であり、プラスチック材料から形成され光源側から順に配置される2枚の正レンズからなるNA0.85の対物レンズであり、基準波長はそれぞれ405nm、入射瞳径はそれぞれ3.00mmであり、各レンズはそれぞれ少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、上述の式(3)を満たすことにより、温度変化時における波面収差の劣化を少なくしている。

【0076】

図1に基準温度(+25℃)から+30℃温度上昇した場合の、3種類の対物レンズの球面収差図を示す。(3)式の値はそれぞれ、(a)0.05、(b)0.10(本実施の形態)、(c)0.15である。(3)式の下限である(a)の場合は、温度上昇時に補正不足方向の3次球面収差が大きく発生するが、それとは逆極性の高次球面収差の発生が小さいためにマージナル光線の球面収差は補正不足となる。(3)式の上限である(c)の場合は、温度上昇時に補正不足方向の3次球面収差の発生が小さいにもかかわらず、それとは逆極性の高次球面収差が大きく発生するためにマージナル光線の球面収差は補正過剰となる。

【0077】

これに対し、(3)式のもっとも好ましい条件である(a)の場合には、温度



上昇時における 3 次球面収差の発生量とそれとは逆極性の高次球面収差の発生量のバランスが取れており、全体としてほぼ完全補正型の球面収差となっている。なお、プラスチック材料の温度変化に対する屈折率の変化量を  $-1.2 \times 10^{-5}$  /℃、青紫色半導体レーザの温度変化に対する発振波長の変動量を  $+0.05 \text{ nm/℃}$  とした。

【0078】

〈第 2 の実施の形態〉

【0079】

第 2 の実施の形態による対物レンズは、光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズであって、2 群 2 枚構成のプラスチック材料から形成された NA. 85 の対物レンズである。焦点距離は  $1.765 \text{ mm}$ 、基準波長は  $405 \text{ nm}$  であり、少なくとも 1 つの面に設けられた輪帯状の回折構造の回折作用と、屈折レンズとしての屈折作用とをあわせることで軸上色収差を補正している。色収差過剰補正型の対物レンズ (a) は、回折レンズとしての回折作用と屈折レンズとしての屈折作用とをあわせた場合、光源の波長が長波長側にシフトした際にバックフォーカスが短くなる方向に変化するような軸上色収差特性を有し、上述の式 (5) を満たすことにより、光源の波長が微少に変動したときの最適書き込み位置の移動が小さく抑えられ、高周波重畳時やモードホップ時の波面収差の劣化が小さいレンズとなっている。これに対し、色収差完全補正型の対物レンズ (b) は、軸上色収差の補正に加え波長変化時の球面収差の変化をほぼ完全に補正することで高周波重畳時やモードホップ時の波面収差の劣化を小さく抑えた。

【0080】

図 2 は、本実施の形態による色収差過剰補正型の対物レンズ (a) と、色収差完全補正型の対物レンズ (b) の球面収差図である。ともに青紫色半導体レーザのモードホップ時の波長 ( $\lambda$ ) シフト量を  $+1 \text{ nm}$  と仮定した場合、色収差過剰補正型の対物レンズおよび色収差完全補正型の対物レンズのモードホップ時の波面収差はともに  $0.005 \lambda$  であるが (ただし、デフォーカス成分を含む)、有効径内の輪対間隔の最小値は色収差完全補正型の対物レンズが  $4.8 \mu \text{ m}$  である

のに対し、色収差過剰補正型の対物レンズでは  $7.1 \mu\text{m}$  とすることができた。

【 0 0 8 1 】

なお、軸上色収差の変化量  $\Delta C A$  は、光源の波長が長波長側に  $+10 \text{ nm}$  シフトした場合、図 2 の色収差過剰補正型の対物レンズ (a) の球面収差図において、 $405 \text{ nm}$  および  $415 \text{ nm}$  の球面収差カーブの下端の移動幅で示され、移動方向は光源の波長の長波長側へのシフトにより、バックフォーカスが短くなる方向となる。また、マージナル光線の球面収差の変化量  $\Delta S A$  は、 $405 \text{ nm}$  の球面収差カーブをその下端が  $415 \text{ nm}$  の球面収差カーブの下端に重なる位置まで平行移動させた際の球面収差カーブの上端と  $415 \text{ nm}$  の球面収差カーブの上端との幅により示される。

【 0 0 8 2 】

また、上述のように色収差過剰補正型の対物レンズの最小輪帯間隔が色収差完全補正型のそれより大きくなる理由の理論的解析について図 3，図 4 を参照して以下に説明する。

【 0 0 8 3 】

射出瞳の中心位置を原点とする図 3 のような座標系を仮定する。光軸に沿って垂直な方向に  $h$  軸をとり、光軸を  $z$  軸とする。像面は射出瞳の中心から  $z$  軸（光軸）に沿って  $+R$  の位置にあり、また像空間の屈折率を  $n$  とする。さらに、基準波長からシフトした波長の光線の基準波長における像面での横方向の色収差を  $\Delta h$ 、それに対応した縦方向の色収差を  $\Delta z$  とする。

【 0 0 8 4 】

横方向の色収差  $\Delta h$  と、回折構造の回折作用により波面に付加される光路差関数  $\Phi(h)$  には次のような関係がある。

$$\Delta h = (R/n) \cdot (d\Phi/dh) \quad (\text{イ})$$

【 0 0 8 5 】

また、横方向の色収差  $\Delta h$  と縦方向の色収差  $\Delta z$  には  $\Delta z = (R/h) \cdot \Delta h$  なる関係が成り立つので、(イ) 式は、

$$\Delta z = (R^2/n) \cdot (1/h) \cdot (d\Phi/dh) \quad (\text{ロ})$$

とかける。

## 【 0 0 8 6 】

回折作用によって、波長が基準波長より短波長側にシフトした際の色収差を、色収差過剰補正型（a）となるように補正した場合、補正前と補正後の球面収差カーブは図4（a）のようになる。軸上色収差を過剰補正とし、基準波長の球面収差カーブと長波長側の球面収差カーブと交差させるが、簡単のため、補正前の球面収差カーブと光軸との交点を原点とし、補正前の軸上色収差を0、補正後の軸上色収差（ $\Delta CA$ ）を $+2\varepsilon$ 、基準波長での軸上色収差を $+\varepsilon$ 、補正後のマージナル光線の球面収差の変化量（ $\Delta SA$ ）を $-2\varepsilon$ とする。

## 【 0 0 8 7 】

色収差過剰補正型の場合の光路差関数  $\Phi_{(a)}(h)$  を

$$\Phi_{(a)}(h) = b_2 \cdot h^2 + b_4 \cdot h^4 \quad (\text{ハ})$$

で表す。ただし、光路差関数は  $h$  の4次の項までとした。

（ハ）式を（ロ）式に代入し、簡単のため  $R=1$ 、 $n=1$  とすると、

$$\Delta z = 2 \cdot b_2 + 4 \cdot b_4 \cdot h^2 \quad (\text{二})$$

となる。 $h=0$  のとき  $\Delta z = 2\varepsilon$ 、 $h=h_{MAX}$  のとき  $\Delta z = 0$  であるので、

$$b_2 = \varepsilon$$

$$b_4 = -\varepsilon / (2 \cdot h_{MAX}^2)$$

となり、（ハ）式は

$$\Phi_{(a)} = \varepsilon \cdot h^2 - \varepsilon / (2 \cdot h_{MAX}^2) \cdot h^4 \quad (\text{ホ})$$

とかける。

## 【 0 0 8 8 】

また、波長が基準波長より短波長側にシフトした際の色収差を、色収差完全補正型（b）となるように補正した場合、補正前と補正後の球面収差カーブは図4（b）のようになる。簡単のため、補正前の球面収差カーブと光軸との交点を原点とし、補正前の軸上色収差を0、補正後の軸上色収差（ $\Delta CA$ ）を $+\varepsilon$ 、補正後のマージナル光線の球面収差の変化量（ $\Delta SA$ ）を0とする。色収差完全補正型の場合、 $h$  の値によらず  $\Delta z = \varepsilon$  であるので、

（ロ）式より、光路差関数  $\Phi_{(b)}(h)$  は

$$d\Phi_{(b)}(h) = (n \cdot \varepsilon / R^2) \cdot h \cdot dh \quad (\text{ヘ})$$

なる微分方程式をみたす。hで積分し、 $R=1$ 、 $n=1$ とすると、

$$\Phi_{(b)}(h) = (\varepsilon/2) \cdot h^2 \quad (\text{ト})$$

となる。

【0089】

光路差関数 $\Phi(h)$ と光軸に垂直方向に計った輪帯の間隔Pは次の関係がある

。

$$P = |\lambda / (d\Phi(h) / dh)| \quad (\text{チ})$$

【0090】

ここで、光路差関数が $\Phi_{(a)}(h)$ および $\Phi_{(b)}(h)$ それぞれの場合の、Pの最小値を求めてみる。

【0091】

Pが最小値をとるときは、(チ)式から $|d\Phi(h) / dh|$ が最大値をとるときである。

【0092】

$\Phi_{(a)}(h)$ の場合は、(ホ)式から

$$\Phi_{(a)}(h) / dh = 2 \cdot \varepsilon \cdot h - 2 \cdot \varepsilon / h_{MAX}^2 \cdot h^3$$

であるので、 $d\Phi_{(a)}(h) / dh$ が最大値をとるのは、

$$d/dh (d\Phi(h) / dh) = 2 \cdot \varepsilon - 6 \cdot \varepsilon / h_{MAX}^2 \cdot h^2 = 0$$

が成り立つときである。

【0093】

したがって、 $h = h_{MAX} / \sqrt{3}$ のときに $\Phi_{(a)}(h) / dh$ は最大値

$$d\Phi_{(a)}(h_{MAX} / \sqrt{3}) / dh = 4 \cdot \sqrt{3} / 9 \cdot \varepsilon \cdot h_{MAX}$$

をとるので、Pの最小値は

$$\begin{aligned} P_{(a)MIN} &= 9 / (4 \cdot \sqrt{3}) \cdot \lambda / (\varepsilon \cdot h_{MAX}) \\ &= 1.3 \cdot \lambda / (\varepsilon \cdot h_{MAX}) \quad (\text{リ}) \end{aligned}$$

となる。

【0094】

一方、 $\Phi_{(b)}(h)$ の場合は、(ト)式から

$$\Phi_{(b)}(h) / dh = \varepsilon \cdot h$$

であるので、 $d\Phi(b)(h)/dh$  は  $h = h_{MAX}$  のとき最大値  
 $d\Phi(b)(h_{MAX})/dh = \varepsilon \cdot h_{MAX}$   
 をとる。

【0095】

したがって、 $P$  の最小値は、 $P(b)_{MIN} = \lambda(\varepsilon \cdot h_{MAX})$  (ヌ)  
 )  
 となる。

【0096】

(リ) 式および (ヌ) 式から

$$P(a)_{MIN} > P(b)_{MIN} \quad (\text{ル})$$

が成り立つので、色収差過剰補正型の対物レンズの最小輪帯間隔は色収差完全補正型のそれより大きくなる。

【0097】

なお、色収差過剰補正型 (a) の場合の光路差関数 (ホ) 式、および色収差完全補正型 (b) の場合の光路差関数 (ト) 式をプロットしたのが図 5 である。ただし、横軸を  $\Phi(h)$  (mm)、縦軸を  $h$  (mm) とした。

【0098】

<第 3 の実施の形態>

【0099】

第 3 の実施の形態による集光光学系は、光源から射出された光束を光情報記録媒体の情報記録面上に集光させるための上述の対物レンズを含む光情報記録媒体の情報の記録および／または再生のための集光光学系であり、情報記録媒体の透明基板厚さの微少な変動、光源の発振波長の微少な変動または温湿度変化に起因してまたはこれらの組み合わせに起因して集光光学系の各光学面で生じる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を備えることにより、常に集光特性の良好な集光光学系にできる。

【0100】

図 6 に、上述の球面収差補正手段として屈折率分布が可変である素子を用いた集光光学系の例を示す。図 6 のように、対物レンズとコリメータレンズとの間に

、屈折率分布が可変である屈折率分布可変素子 2 1 を配置している。

【0 1 0 1】

屈折率分布可変素子 2 1 として図 6 のように、例えば電氣的に互いに接続された光学的に透明な電極層 a、b、c と、電極層 a、b、c とは電氣的に絶縁され、印加される電圧に応じて屈折率分布が変化する屈折率分布可変層 d、e とが交互に積層され、かつ光学的に透明な電極層 a、b、c が複数の領域に分割された素子を用いることができる。

【0 1 0 2】

図 6 において、球面収差の変動が検出された場合には、屈折率分布可変素子 2 1 の駆動手段 2 2 により電極層 a、b、c に電圧を印加し、屈折率分布可変層 d、e の屈折率を場所によって変化させ、屈折率分布可変素子 2 1 からの射出光の位相を球面収差の変動が零となるように制御する。

【0 1 0 3】

図 7 に、別の屈折率分布可変素子の例を示す。図 7 の屈折率分布可変素子 2 3 は、液晶分子を光軸に垂直な面内で、任意の X 方向にそろえて配列させた液晶素子 2 3 a と、液晶分子を光軸に垂直な面内で、X 方向とは垂直な Y 方向にそろえて配列させた液晶素子 2 3 b とを備える。液晶素子 2 3 a と液晶素子 2 3 b とをガラス基板 2 3 c を挟んで交互に積層させ、内側のガラス基板 2 3 c の間に 1/2 波長板 2 3 d を配置している。

【0 1 0 4】

図 7 において、球面収差の変動が検出された場合には、屈折率分布可変素子 2 3 の液晶素子 2 3 a と液晶素子 2 3 b とのそれぞれに駆動手段 2 2 から電圧を印加することで、屈折率分布可変素子 2 3 からの射出光の位相の X 方向成分、および Y 方向成分を独立に制御することにより球面収差の変動を補正する。

【0 1 0 5】

上述の図 6 及び図 7 に示す屈折率分布可変素子 2 1、2 3 によれば、電圧印加などにより屈折率の分布を生じせしめて球面球面収差の変動を補正することにより、可動部がない機械的に簡単な構造の集光光学系を構成できる。

【0 1 0 6】

#### 〈第 4 の実施の形態〉

##### 【0107】

図 8 は第 4 の実施の形態による光ピックアップ装置を概略的に示す図である。図 8 の光ピックアップ装置は、2 群 2 枚構成の対物レンズ 1 と、光源である半導体レーザ 3 と、光源 3 から射出される発散光の発散角を変換する 1 群 1 枚構成のカップリングレンズ 2 と、光情報記録媒体の情報記録面 5 からの反射光を受光する光検出器 4 とを備える。半導体レーザ 3 は、500 nm 以下の波長のレーザ光を発生させ、従来の光情報記録媒体よりも高密度に情報記録面 5 に記録された情報の再生および／または従来の光ディスクよりも高密度に情報記録面 5 への情報の記録が可能である。

##### 【0108】

図 8 の対物レンズ 1 は、プラスチック材料から形成された第 1 レンズ 1 a と第 2 レンズ 1 b とから構成され、第 1 面を回折面として軸上色収差および球面収差を補正している（後述の実施例 2 参照）。第 1 レンズ 1 a と第 2 レンズ 1 b とは保持部材 1 c により一体化されている。保持部材 1 c のフランジ部 1 d により対物レンズ 1 を光ピックアップ装置に精度よく取付けることができる。

##### 【0109】

図 8 の光ピックアップ装置は、更に、情報記録面 5 からの反射光を光検出器 4 に向けて分離する偏光ビームスプリッタ 6 と、カップリングレンズ 2 と対物レンズ 1 との間に配置された 1/4 波長板 7 と、対物レンズ 1 に前置された絞り 8 と、集光レンズ 9 と、フォーカス及びトラッキング用の 2 軸アクチュエータ 10 とを備える。また、球面収差補正手段として、カップリングレンズ 2 と、カップリングレンズ 2 を光軸方向に沿って変位させるための 1 軸アクチュエータ 11 とを備えている。本実施の形態において集光光学系は、光源と、ビームスプリッタと、カップリングレンズと、1/4 波長板と、対物レンズと、絞りとを有するものである。なお、本実施の形態では、ビームスプリッタは集光光学系に含まれないものと見なしてもよい。

##### 【0110】

光情報記録媒体の情報記録面 5 からの情報の再生について説明する。半導体レ

ーザ 3 から出射した発散光がカップリングレンズ 2 で発散角を変えて  $1/4$  波長板 7、絞り 8 を介して対物レンズ 1 により光情報記録媒体の情報記録面 5 に集光され、この情報記録面 5 で情報ピットにより変調されて反射した光束が対物レンズ 1、絞り 8、 $1/4$  波長板 7、カップリングレンズ 2、偏光ビームスプリッタ 6、集光レンズ 9 を介して、光検出器 4 へ入射し、これにより生じた出力信号で光情報記録媒体の情報記録面に記録された情報を再生することができる。

#### 【 0 1 1 1 】

以上のような情報の再生時に、装置環境の温湿度変化、光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、または半導体レーザ 3 の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で球面収差変動が生じた場合、カップリングレンズ 2 を 1 軸アクチュエータ 11 で光軸方向に沿って適切な量だけ変移させて対物レンズ 1 に入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。また、光情報記録媒体の情報記録面 5 への情報の記録の場合も、上述の説明と同様に集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。

#### 【 0 1 1 2 】

次に、図 9 により別の光ピックアップ装置について説明する。図 9 の対物レンズ 1 は、プラスチック材料から形成され、2 群 2 枚構成であり、第 1 面を回折面として軸上色収差を補正し、また温度変化時の収差劣化を小さく抑えている。また、図 9 の光ピックアップ装置は、球面収差補正手段として、正レンズ 12 a と負レンズ 12 b とから構成されたビームエキスパンダ 12 と、この負レンズ 12 b を光軸方向に沿って変移可能である 1 軸アクチュエータ 11 とを備える。図 9 では、カップリングレンズ 2 と  $1/4$  波長板 7 とを半導体レーザ 3 と偏光ビームスプリッタ 6 との間に配置している。

#### 【 0 1 1 3 】

図 9 の光ピックアップ装置によれば、図 8 と同様に、装置環境の温湿度変化、光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、または半導体レーザ 3 の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で球面収差変動が生じた場合、ビームエキスパンダ 12 の負レンズ 12 b を 1 軸アクチュエータ 11 で光軸方向に沿って適



切な量だけ変移させて対物レンズ 1 に入射する光束の発散角を変えることにより、集光光学系の各光学面で生じた球面収差を補正することができる。

【 0 1 1 4 】

なお、上述の図 8，図 9 における球面収差補正手段として、図 6、図 7 に示す屈折率分布可変素子 2 1 または 2 3 を用いてもよい。

【 0 1 1 5 】

【実地例】

次に、本発明による実施例 1 ～ 8 の対物レンズ、集光光学系について説明する。実施例 1 ～ 8 の一覧表を表 1 に示す。

【 0 1 1 6 】

【表 1】

実例例一覽表									
実例例	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\lambda$ (nm)	405	405	405	405	405	405	405	405	405
NA	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$f$ (mm)	1.785	2.200	2.200	1.785	1.785	1.785	2.200	1.785	1.785
ENP (mm)	3.00	3.75	3.75	3.00	3.00	3.00	3.75	3.00	3.00
WD (mm)	0.24	0.30	0.30	0.22	0.22	0.22	0.30	0.22	0.24
$\nu d1$	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5
$\nu d2$	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5	56.5
WD/ENP	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.13	0.08
$f \cdot \lambda \cdot \sum (n_i / (M1 \cdot P1^2))$	0.23	0.31	0.41	0.13	0.23	0.13	0.31	0.46	0.29
PD/PT	0.05	0.06	0.08	0.07	0.12	0.07	0.08	0.06	0.11
$  \Delta f B (\mu m) \cdot NA^2  $	0.003	0.023	0.005	0.043	0.047	0.043	0.023	0.007	0.058
$\Delta CA / \Delta SA$	0.04	-0.32	-0.06	-0.60	-0.65	-0.60	-0.32	-0.09	0.66
(ただし, $\Delta \lambda = \pm 10nm$ とした)	0.08	-2.50	-0.41	-0.42	-0.46	-0.42	-2.50	-0.44	0.90
$  (Ph/Pf) - 2  $	1.3	1.4	0.6	0.0	0.0	0.0	1.4	2.4	2.5
$f1/f2$	3.2	3.4	3.0	2.9	2.9	2.9	3.4	3.1	3.0
$(r2+r1)/(r2-r1)$	2.4	3.0	4.6	2.4	2.3	2.4	3.0	2.4	3.4
有効区内での輪対開値の最小値 ( $\mu m$ )	5.5	4.5	4.0	7.1	11.0	7.1	4.5	3.4	6.0

温度変化および光源の波長変動時の波面収差

実例例									
実例例	1	2	3	4	5	6	7	8	9
基準状態 ( $\lambda = 405nm, T = 25^\circ C$ )	0.003 $\lambda$	0.003 $\lambda$	0.001 $\lambda$	0.002 $\lambda$	0.002 $\lambda$	0.002 $\lambda$	0.003 $\lambda$	0.001 $\lambda$	0.002 $\lambda$
温度変化	$\Delta T = +30^\circ C$	0.013 $\lambda$	0.017 $\lambda$	0.013 $\lambda$	0.013 $\lambda$	0.013 $\lambda$	0.014 $\lambda$	0.029 $\lambda$	0.011 $\lambda$
	$\Delta T = -30^\circ C$	0.016 $\lambda$	0.019 $\lambda$	0.019 $\lambda$	0.016 $\lambda$	0.016 $\lambda$	0.019 $\lambda$	0.029 $\lambda$	0.012 $\lambda$
光源の波長変動	$\Delta \lambda = +10nm$	0.003 $\lambda$	0.003 $\lambda$	0.009 $\lambda$	0.057 $\lambda$	0.056 $\lambda$	0.003 $\lambda$	0.005 $\lambda$	0.009 $\lambda$
	$\Delta \lambda = -10nm$	0.006 $\lambda$	0.006 $\lambda$	0.008 $\lambda$	0.041 $\lambda$	0.044 $\lambda$	0.009 $\lambda$	0.003 $\lambda$	0.011 $\lambda$
モードホップ	$\Delta \lambda = +1nm$	0.013 $\lambda$	0.005 $\lambda$	0.009 $\lambda$	0.006 $\lambda$	0.005 $\lambda$	0.005 $\lambda$	0.002 $\lambda$	0.035 $\lambda$

(注1) 温度変化時のレンズ材料の屈折率の変化量  $\Delta n = -1.2E-4/^\circ C$

(注2) 温度変化時の光源の発振波長の変化量  $\Delta \lambda = +0.05nm/^\circ C$

(注3) モードホップ時の波面収差はデフォーカス成分を含む

(注4) 実例例8およびf1の波面収差は対物レンズのみの系の値

## 【 0 1 1 7 】

各実施例において、各レンズに設けられる回折面を表す光路差関数は、上述の式 (A) により表し、また、非球面は、次の式 (B) により表す。

## 【 0 1 1 8 】

$$x = (h^2 / r) / \{ 1 + \sqrt{1 - (1 + k) (h^2 / r^2)} \} + A_4 h^4 + A_6 h^6 + \dots$$

(B)

但し、 $A_4$ 、 $A_6$ 、 $\dots$ ：非球面係数、 $k$ ：円錐係数、 $r$ ：近軸曲率半径であり、 $r$ 、 $d$ 、 $n$ 、はレンズの曲率半径、面間隔、屈折率を表す。

## 【 0 1 1 9 】

<実施例 1>

## 【 0 1 2 0 】

本実施例は基準波長 4 0 5 n m、N A 0. 8 5、入射瞳径 3. 0 0 m m のプラスチック材料から形成された対物レンズであり、そのレンズデータを表 2 に示す。第 1 面を回折面とすることで、軸上色収差および光源の波長変動時の球面収差を補正した。また、2 枚構成のプラスチック製の高 N A 対物レンズでありながらワーキングディスタンスを 0. 2 4 m m と大きく確保しており、さらにそれにより温度変化時の収差劣化を小さく抑えたので、利用可能な温度範囲を大きくすることができた。また、4 次以上の高次の回折面係数を使用することで、光源の波長変動時の球面収差の劣化を小さく抑えることで、基準波長から発振波長がずれたレーザ光源を使用可能とした。実施例 1 の光路図を図 1 0 に、球面収差図を図 1 1 に示す。

## 【 0 1 2 1 】

【表 2】

実施例1					
面番号		r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu_d$
0	絞り	$\infty$	0.000		
1	対物レンズ	2.363	2.420	1.52491	56.5
2		5.716	0.100		
3		0.824	1.100	1.52491	56.5
4	透明基板	$\infty$	0.240		
5		$\infty$	0.100	1.61949	30.0
6		$\infty$			

非球面係数	
第1面	$\kappa$
A4	-1.1657E-02
A6	-5.7810E-05
A8	2.0309E-04
A10	-2.0998E-03
A12	3.0348E-04
A14	9.7520E-06
A16	7.1291E-05
A18	-3.2444E-05

非球面係数	
第2面	$\kappa$
A4	2.4281E+01
A6	8.7896E-03
A8	-2.7805E-02
A10	-2.3050E-02
A12	4.9954E-02
A14	-3.3277E-02

回折面係数	
第3面	$\kappa$
A4	-7.4948E-01
A6	1.6080E-01
A8	-5.9764E-02
A10	3.6904E-01
A12	-1.9120E-01

回折面係数	
第1面	$b_2$
b2	-1.4993E-02
b4	1.2116E-03
b6	-1.0880E-03
b8	2.2720E-04
b10	-6.2535E-05

【 0 1 2 2 】

〈実施例 2〉

【 0 1 2 3 】

本実施例は基準波長 4 0 5 n m、N A 0. 8 5、入射瞳径 3. 7 5 m m のプラスチック材料から形成された対物レンズであり、そのレンズデータを表 3 に示す。第 1 面を回折面とすることで、軸上色収差および光源の波長変動時の球面収差を補正した。また、2 枚構成のプラスチック製高 N A 対物レンズでありながらワーキングディスタンスを 0. 3 0 m m と大きく確保しており、さらにそれにより温度変化時の収差劣化を小さく抑えたので、利用可能な温度範囲を大きくすることができた。また、4 次以上の高次の回折面係数を使用することで、光源の波長変動時の球面収差の劣化を小さく抑えることで、基準波長から発振波長がずれたレーザ光源を使用可能とした。実施例 2 の光路図を図 1 2 に、球面収差図を図 1 3 に示す。

【 0 1 2 4 】

【表 3】

実施例2					
面番号		r (mm)	d (mm)	N $\lambda$	$\nu d$
0	絞り	$\infty$	0.000		
1	対物レンズ	2.953	3.000	1.52491	56.5
2		5.976	0.100		
3		1.011	1.400	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.300		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61949	30.0
6		$\infty$			

非球面係数		第1面		第2面	
$k$	$k$	$k$	$k$	$k$	$k$
A4	A4	A4	A4	A4	A4
A6	A6	A6	A6	A6	A6
A8	A8	A8	A8	A8	A8
A10	A10	A10	A10	A10	A10
A12	A12	A12	A12	A12	A12
A14	A14				
A16	A16				

回折面係数		第3面		第1面	
$k$	$k$	$k$	$k$	$b2$	$b2$
A4	A4	A4	A4	b4	b4
A6	A6	A6	A6	b6	b6
A8	A8	A8	A8	b8	b8
A10	A10	A10	A10	b10	b10

【 0 1 2 5 】

## 〈 実施例 3 〉

【 0 1 2 6 】

本実施例は基準波長 4 0 5 n m、N A 0 . 8 5、入射瞳径 3 . 0 0 m m のプラスチック材料から形成された対物レンズであり、そのレンズデータを表 4 に示す。第 2 面を回折面とすることで、軸上色収差および光源の波長変動時の球面収差を補正した。また、2 枚構成のプラスチック製高 N A 対物レンズでありながらワーキングディスタンスを 0 . 3 0 m m と大きく確保しており、さらにそれにより温度変化時の収差劣化を小さく抑えたので、利用可能な温度範囲を大きくすることができた。また、4 次以上の高次の回折面係数を使用することで、光源の波長変動時の球面収差の劣化を小さく抑えることで、基準波長から発振波長がずれたレーザ光源を使用可能とした。実施例 3 の光路図を図 1 4 に、球面収差図を図 1 5 に示す。

【 0 1 2 7 】

【表 4】

面 号	r (mm)	d (mm)	N <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>
0	∞	0.000		
1	2.573	3.000	1.52491	56.5
2	3.988	0.100		
3	1.063	1.400	1.52491	56.5
4	∞	0.300		
5	∞	0.100	1.61949	30.0
6	∞			

非球面係数	
第1面	K
	A4
	A6
	A8
	A10
	A12
	A14
	A16

-1.4467E-01	-1.4467E-01
-2.0768E-03	-2.0768E-03
3.6286E-04	3.6286E-04
-4.4009E-04	-4.4009E-04
6.4500E-05	6.4500E-05
1.9781E-06	1.9781E-06
-1.4141E-06	-1.4141E-06
-1.1355E-07	-1.1355E-07

回折面係数	
第2面	b2
	b4
	b6
	b8
	b10

-3.4997E-02	-7.7377E-01
2.6307E-03	6.9293E-02
-1.2966E-03	3.5988E-04
5.6267E-05	5.0716E-02
-1.7531E-04	-1.7712E-02



【 0 1 2 8 】

〈実施例 4〉

【 0 1 2 9 】

本実施例は基準波長 4 0 5 n m、N A 0 . 8 5、入射瞳径 3 . 0 0 m m のプラスチック材料から形成された対物レンズであり、そのレンズデータを表 5 に示す。第 1 面を回折面とすることで、軸上色収差を補正した。また、2 枚構成のプラスチック製高 N A 対物レンズでありながらワーキングディスタンスを 0 . 2 2 m m と大きく確保しており、さらに温度変化時の収差劣化を小さく抑えたので、利用可能な温度範囲を大きくすることができた。また、本実施例の対物レンズは収差図にあるように軸上色収差を過剰補正とすることで基準波長 ( 4 0 5 n m ) の球面収差カーブと長・短 ( 4 1 5 n m、3 9 5 n m ) 側の球面収差カーブを交差させたので、モードホップ現象や高周波重畳時の収差劣化が小さい対物レンズでありながら、回折輪帯間隔の最小値を 7 . 1  $\mu$  m と大きくすることができた。実施例 4 の光路図を図 1 6 に、球面収差図を図 1 7 に示す。

【 0 1 3 0 】

【表 5】

実施例 4					
面番号		r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>
0	絞り	∞	0.000		
1	対物レンズ	2.240	2.300	1.52491	56.5
2		5.440	0.100		
3		0.849	1.100	1.52491	56.5
4		∞	0.218		
5	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
6		∞			

非球面係数	
第1面	κ
A4	-3.4591E-02
A6	-1.9458E-03
A8	1.4238E-03
A10	-1.8833E-03
A12	1.8744E-04
A14	1.2949E-05
A16	8.8928E-05
A18	-3.5496E-05

非球面係数	
第2面	κ
A4	2.2057E+01
A6	1.0346E-02
A8	-2.9696E-02
A10	-2.4668E-02
A12	5.1817E-02
A14	-3.4330E-02

回折面係数	
第3面	κ
A4	-7.5414E-01
A6	1.5243E-01
A8	-4.6739E-02
A10	3.4088E-01
A12	-1.9156E-01

回折面係数	
第1面	b2
	-1.8997E-02

## 【 0 1 3 1 】

## 〈実施例 5〉

## 【 0 1 3 2 】

本実施例は基準波長 4 0 5 n m、N A 0. 8 5、入射瞳径 3. 0 0 m m のプラスチック材料から形成された対物レンズであり、そのレンズデータを表 6 に示す。第 1 面および第 3 面を回折面とすることで、軸上色収差を補正した。また、2 枚構成のプラスチック製高 N A 対物レンズでありながらワーキングディスタンスを 0. 2 2 m m と大きく確保しており、さらに温度変化時の収差劣化を小さく抑えたので、利用可能な温度範囲を大きくすることができた。また、本実施例の対物レンズは、回折のパワーを 2 つの面に分配し、かつ収差図にあるように軸上色収差を過剰補正とすることで基準波長（4 0 5 n m）の球面収差カーブと長・短（4 1 5 n m、3 9 5 n m）側の球面収差カーブを交差させたので、モードホップ現象や高周波重畳時の収差劣化が小さい対物レンズでありながら、回折輪帯間隔の最小値を 1 1. 0  $\mu$  m と大きくすることができた。実施例 5 の光路図を図 1 8 に、球面収差図を図 1 9 に示す。

## 【 0 1 3 3 】

【表 6】

実施例5

面番号		r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>
0	絞り	∞	0.000		
1	対物レンズ	2.118	2.300	1.52491	56.5
2		5.289	0.100		
3		0.906	1.100	1.52491	56.5
4		∞	0.218		
5	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
6		∞			

非球面係数

第1面	κ	第2面	κ
A4	-5.7076E-02	A4	2.0732E+01
A6	-2.8402E-03	A6	1.3016E-02
A8	1.3466E-03	A8	-3.1410E-02
A10	-2.0147E-03	A8	-2.2514E-02
A12	2.1181E-04	A10	4.8879E-02
A14	8.3926E-06	A12	-3.3164E-02
A16	8.5515E-05		
	-3.5052E-05		

回折面係数

第3面	κ	第3面	b <sub>2</sub>
A4	-6.9090E-01	b <sub>2</sub>	-2.1099E-02
A6	1.3330E-01		
A8	-5.2403E-03		
A10	3.0541E-01		
	-1.7753E-01		

【 0 1 3 4 】

〈実施例 6〉

【 0 1 3 5 】

本実施例は実施例 4 における対物レンズと、負レンズと正レンズとから構成され負レンズを光軸方向に沿って変移可能とした球面収差補正手段としてのビームエキスパンダと、光源からの発散光を平行光にコリメートするコリメートレンズとを含む集光光学系（図 9 参照）であり、各光学素子のデータを表 7 に示す。基準波長は 4 0 5 n m、対物レンズの像側開口数は 0. 8 5 である。ビームエキスパンダの正レンズの光情報記録媒体側の面を回折面とすることで、コリメートレンズとビームエキスパンダで発生する軸上色収差を補正した。実施例 6 の光路図を図 2 0 に、球面収差図を図 2 1 に示す。

【 0 1 3 6 】

また、表 8 に、負レンズを光軸方向に沿って変移させることで温湿度変化、あるいは光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、あるいは光源の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で生ずる球面収差変動を補正した結果を示す。なお、本発明における球面収差補正手段としてのビームエキスパンダは、入射する平行光を略平行光に出射し、光軸方向に沿って変移することでビームエキスパンダから出射する光束の発散度を変化せしめることのできる光学素子を少なくとも 1 つ含むものであればよく、本実施例の形態に限るものではない。

【 0 1 3 7 】

【表 7】

実施例6					非球面係数				
面番号		r(mm)	d(mm)	N <sub>d</sub>	ノd	第2面	κ	第4面	κ
0	光源		14.318			第2面	A4	第4面	A4
1	コリメート	20.804	1.500	1.52491	56.5		A6		A6
2	レンズ	-12.354	d2(可変)				A8		A8
3		-31.805	1.200	1.52491	56.5	第2面	3.1152E+00	第4面	1.3458E+00
4	ビーム	17.383	d4(可変)				-1.0368E-04		-1.0500E-05
5	エキスパンダ	21.056	1.500	1.52491	56.5		1.5747E-04		-4.3878E-06
6		-42.138	5.000				1.9458E-06		-2.2179E-05
7	絞り	∞	0.000			第6面	κ		κ
8		2.240	2.300	1.52491	56.5		-1.3339E+02		
9	対物レンズ	5.440	0.100				4.7909E-05		
10		0.849	1.100	1.52491	56.5		-6.2942E-05		
11		∞	0.218				8.6896E-06		
12	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0	第8面	κ	第9面	κ
13		∞					-3.4591E-02		2.2057E+01
							-1.9458E-03		1.0346E-02
							1.4238E-03		-2.9696E-02
							-1.8833E-03		-2.4668E-02
							1.8744E-04		5.1817E-02
							1.2949E-05		-3.4330E-02
							8.8928E-05		
							-3.5496E-05		
						第10面	κ		κ
							-7.5414E-01		
							1.5243E-01		
							-4.6739E-02		
							3.4088E-01		
							-1.9156E-01		
回折面係数					回折面係数				
					第8面	b2	第6面	b2	第6面
						-1.8997E-02		-2.0917E-03	

【表 8】

実施例6

球面収差変動の原因		波面収差	d2(可変)	d4(可変)
基準状態 ( $\lambda=405\text{nm}$ , $T=25^\circ\text{C}$ , $t=0.1\text{mm}$ )		$0.002\lambda$	8.000	2.500
光源の波長変動	$\Delta\lambda=+10\text{nm}$	$0.005\lambda$	8.497	2.003
	$\Delta\lambda=-10\text{nm}$	$0.008\lambda$	7.483	3.017
温度変化	$\Delta T=+30^\circ\text{C}$	$0.012\lambda$	7.815	2.685
	$\Delta T=-30^\circ\text{C}$	$0.014\lambda$	8.196	2.304
透明基板厚さ誤差	$\Delta t=+0.02\text{mm}$	$0.016\lambda$	9.799	0.701
	$\Delta t=-0.02\text{mm}$	$0.017\lambda$	5.948	4.552

(注1)温度変化時のレンズ材料の屈折率の変化量 $\Delta N=-12\times E-5/^\circ\text{C}$ (注2)温度変化時の光源の発振波長の変化量 $\Delta\lambda=+0.05\text{nm}/^\circ\text{C}$ 

【0138】

〈実施例7〉

【0139】

本実施例は実施例2における対物レンズと、光軸方向に沿って変移可能とされた光源からの発散光を平行光にコリメートするコリメートレンズとを含む集光光学系（図8参照）であり、各光学素子のデータを表9に示す。基準波長は405nm、対物レンズの像側開口数は0.85である。実施例7の光路図を図22に、球面収差図を図23に示す。

【0140】

表10に、コリメートレンズを光軸方向に沿って変移させることで温湿度変化、あるいは光情報記録媒体の透明基板厚さの変動、あるいは光源の発振波長の微小変動等によって集光光学系の各光学面で生ずる球面収差変動を補正した結果を示す。なお、本実施例では球面収差補正手段として光源からの発散光を平行光にコリメートし、光軸方向に沿って変移可能なコリメートレンズとしたが、光源からの発散光を略平行光に変換するカップリングレンズであってもよい。また、球面収差補正手段としてのカップリングレンズは1群構成に限らず、2群構成であってもよい。

【0141】

【表 9】

実施例7

面番号		r (mm)	d (mm)	N <sub>λ</sub>	ν <sub>d</sub>
0	光源		d0(可変)		
1	コリメート	44.970	1.500	1.52491	56.5
2	レンズ	-12.384	d2(可変)		
3	絞り	∞	0.000		
4		2.953	3.000	1.52491	56.5
5	対物レンズ	5.976	0.100	1.52491	56.5
6		1.011	1.400		
7		∞	0.300		
8	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
9		∞			

非球面係数

第2面	κ	8.9215E-01
	A4	1.0356E-04
	A6	8.6930E-06
	A8	-7.3498E-07

第5面	κ	1.6899E+01
	A4	5.1926E-03
	A6	-1.1963E-02
	A8	1.8176E-04
	A10	2.3778E-03
	A12	-1.8838E-03

第4面	κ	-6.3192E-02
	A4	-7.7232E-04
	A6	2.4200E-04
	A8	-4.1549E-04
	A10	6.8221E-05
	A12	1.1138E-06
	A14	-1.7818E-06
	A16	-2.5842E-07

第6面	κ	-7.5159E-01
	A4	8.1310E-02
	A6	-9.9418E-03
	A8	7.0926E-02
	A10	-2.1891E-02

回折面係数

第4面	b2	-1.3497E-02
	b4	-1.7632E-04
	b6	-2.9244E-04
	b8	1.1828E-04
	b10	-2.5259E-05



【表 1 0】

## 実施例7

球面収差変動の原因		波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda=405\text{nm}$ , $T=25^\circ\text{C}$ , $t=0.1\text{mm}$ )		$0.003\lambda$	17.750	9.000
光源の波長変動	$\Delta\lambda=+10\text{nm}$	$0.002\lambda$	17.796	8.954
	$\Delta\lambda=-10\text{nm}$	$0.004\lambda$	17.715	9.035
温度変化	$\Delta T=+30^\circ\text{C}$	$0.016\lambda$	17.949	8.801
	$\Delta T=-30^\circ\text{C}$	$0.017\lambda$	17.560	9.190
透明基板厚さ誤差	$\Delta t=+0.02\text{mm}$	$0.015\lambda$	17.041	9.709
	$\Delta t=-0.02\text{mm}$	$0.012\lambda$	18.507	8.243

(注1)温度変化時のレンズ材料の屈折率の変化量  $\Delta N=-12\times E-5/^\circ\text{C}$ (注2)温度変化時の光源の発振波長の変化量  $\Delta\lambda=+0.05\text{nm}/^\circ\text{C}$ 

## 【0 1 4 2】

なお、実施例6および実施例7の光学系に含まれる光学素子はすべてプラスチック材料から形成したので、安価に大量生産することが可能である。また、実施例6および実施例7の光学系は $\pm 0.030\text{mm}$ を超える光情報記録媒体の透明基板厚さの変動により発生する球面収差を補正可能である。従って、表面側から順に透明基板と情報記録層とが複数積層された構造を有する多層型光情報記録媒体への情報の記録および／または再生が可能である。

## 【0 1 4 3】

## ＜実施例8＞

## 【0 1 4 4】

本実施例は基準波長 $405\text{nm}$ 、 $NA0.85$ 、入射瞳孔 $3.00\text{mm}$ のプラスチック材料から形成された対物レンズであり、そのレンズデータを表11に示す。第1面を回折面とすることで、軸上色収差および光源の波長変動時の球面収差を補正した。また、2枚構成のプラスチック製高NA対物レンズでありながらワーキングディスタンスを $0.40\text{mm}$ と大きく確保しており、さらにそれにより温度変化時の収差劣化を小さく抑えたので、利用可能な温度範囲を大きくすることができた。また、4次以上の高次の回折面係数を使用することで、光源の波長変動時の球面収差の劣化を小さく抑えることで、基準波長から発振波長がずれたレーザ光源を使用可能とした。実施例8の光路図を図24に、球面収差図を図25に示す。

【 0 1 4 5 】

【表 1 1】

実施例 8					
面 号		r (mm)	d (mm)	N <sub>d</sub>	ν <sub>d</sub>
0	絞り	∞	0.000		
1	対物レンズ	2.612	1.650	1.52491	56.5
2		6.233	0.100		
3		0.972	1.250	1.52491	56.5
4		∞	0.400		
5	透明基板	∞	0.100	1.61949	30.0
6		∞			

非球面係数	
第1面	κ
	A4
	A6
	A8
	A10
	A12
	A14
	A16
	4.9548E-01
	2.9615E-04
	-6.1487E-04
	-3.3916E-03
	9.7337E-04
	-1.7352E-04
	1.0522E-04
	-4.2179E-05

第3面	κ
	A4
	A6
	A8
	A10
	-9.7457E-01
	1.1859E-01
	1.7351E-02
	1.2713E-02
	3.3984E-02

回折面係数	
第1面	b2
	b4
	b6
	b8
	b10
	-1.7999E-02
	-1.3878E-03
	-3.6276E-04
	4.8713E-04
	-2.5245E-04

【0146】

〈実施例9〉

【0147】

本実施例は基準波長405nm, NA0.85, 入射瞳径3.00mmのプラスチック材料から形成された対物レンズであり、そのレンズデータを表12に示す。第2面を回折面とすることで軸上色収差を補正した。2枚構成のプラスチック製高NA対物レンズでありながらワーキングディスタンスを0.24mmと大きく確保しており、それにより温度変化時の収差劣化を小さく抑えたので、利用可能な温度範囲を大きくすることができた。また、4次以上の高次の回折面係数を使用することで第1レンズと第2レンズの光軸ずれにより発生するコマ収差を補正した。更に、3次球面収差の発生量と5次以上の高次球面収差の発生量のバランスをとることで波長が基準波長から微少変動した際の球面収差を良好に補正した。また、第2面を回折面とすることで第2面に対するマージナル光線の入射角を自由に選択することができるようにしたことにより、即ち、レンズ設計時の自由度を1つ増やしたことにより球面収差およびコマ収差を精緻に補正することができた。実施例9の光路図を図26に、球面収差図を図27に示す。

【0148】

【表 1 2】

実施例9					
面番号		r (mm)	d (mm)	N $\lambda$	$\nu_d$
0	絞り	$\infty$	0.000		
1	対物レンズ	2.069	2.400	1.52491	56.5
2		3.774	0.100		
3		0.850	1.100	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.240		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61949	30.0
6		$\infty$			

非球面係数		第1面		第3面	
$\kappa$		$\kappa$		$\kappa$	
	A4	-4.1835E-01	A4	-8.0523E-01	A4
	A6	-2.5761E-03	A6	1.7492E-01	A6
	A8	5.6033E-03	A8	-7.0284E-02	A8
	A10	-3.8553E-03	A10	3.3189E-01	A10
	A12	7.5555E-04	A12	-1.6330E-01	
	A14	1.6210E-04	A14		
	A16	-1.0048E-04	A16		
		8.5422E-06			

回折面係数		第2面	
b2		b2	
	b4	-3.2000E-02	
	b6	1.0693E-02	
	b8	-2.5508E-03	
	b10	-5.9761E-03	
		1.6710E-03	

## 【0149】

なお、各表および各図面では、 $10$ のべき乗の表現に $E$ （または $e$ ）を用いて、例えば、 $E-02$ （ $=10^{-2}$ ）のように表している。

## 【0150】

## 【発明の効果】

本発明によれば、2枚の正レンズからなる高 $NA$ の対物レンズであり、小径でかつワーキングディスタンスが大きく、かつレーザ光源のモードホップ現象等に起因して発生する軸上色収差が効果的に補正された光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の対物レンズを提供できる。

## 【0151】

また、プラスチック材料から形成された高 $NA$ の対物レンズであり、利用可能な温度範囲が大きく、かつレーザ光源のモードホップ現象等に起因して発生する軸上色収差が効果的に補正された光情報記録媒体の情報の記録および／または再生用の2枚の正レンズからなる対物レンズを提供できる。

## 【0152】

また、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供できる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

第1の実施の形態による対物レンズを説明するための、基準温度から $+30^{\circ}\text{C}$ 温度上昇した場合の球面収差図であって、図1（a）は式（3）の値が $0.05$ の温度収差補正不足の場合、図1（b）は本実施の形態の対物レンズで式（3）の値が $0.10$ の場合、図1（c）は式（3）の値が $0.15$ の温度収差補正過剰の場合である。

## 【図2】

第2の実施の形態による色収差過剰補正型の対物レンズ（a）と、色収差完全補正型の対物レンズ（b）の球面収差図である。

## 【図 3】

第 2 の実施の形態において色収差過剰補正型の対物レンズの最小輪帯間隔が色収差完全補正型のそれより大きくなる理由の理論的解析を説明するための図であって、射出瞳の中心位置を原点とする座標系を示す図である。

## 【図 4】

第 2 の実施の形態の説明のために、回折作用によって波長が基準波長より短波長側にシフトした際の色収差を色収差過剰補正型となるように補正した場合、補正前と補正後の球面収差カーブを示す図（a）、及び波長が基準波長より短波長側にシフトした際の色収差を色収差完全補正型となるように補正した場合、補正前と補正後の球面収差カーブを示す図（b）である。

## 【図 5】

第 2 の実施の形態の説明のために、色収差過剰補正型の場合の光路差関数、および色収差完全補正型の場合の光路差関数を、横軸を  $\Phi$ （mm）、縦軸を  $h$ （mm）として示す図である。

## 【図 6】

第 3 の実施の形態による集光光学系に配置される球面収差補正手段としての屈折率分布可変素子の例を示す図である。

## 【図 7】

第 3 の実施の形態による集光光学系に配置される球面収差補正手段としての屈折率分布可変素子の別の例を示す図である。

## 【図 8】

第 4 の実施の形態による光ピックアップ装置を概略的に示す図である。

## 【図 9】

第 4 の実施の形態による別の光ピックアップ装置を概略的に示す図である

## 【図 10】

実施例 1 に関する光路図である。

## 【図 11】

実施例 1 に関する球面収差図である。

## 【図 12】

実施例 2 に関する光路図である。

【図 1 3】

実施例 2 に関する球面収差図である。

【図 1 4】

実施例 3 に関する光路図である。

【図 1 5】

実施例 3 に関する球面収差図である。

【図 1 6】

実施例 4 に関する光路図である。

【図 1 7】

実施例 4 に関する球面収差図である。

【図 1 8】

実施例 5 に関する光路図である。

【図 1 9】

実施例 5 に関する球面収差図である。

【図 2 0】

実施例 6 に関する光路図である。

【図 2 1】

実施例 6 に関する球面収差図である。

【図 2 2】

実施例 7 に関する光路図である。

【図 2 3】

実施例 7 に関する球面収差図である。

【図 2 4】

実施例 8 に関する光路図である。

【図 2 5】

実施例 8 に関する球面収差図である。

【図 2 6】

実施例 9 に関する光路図である。

【図 2 7】

実施例 9 に関する球面収差図である。

【符号の説明】

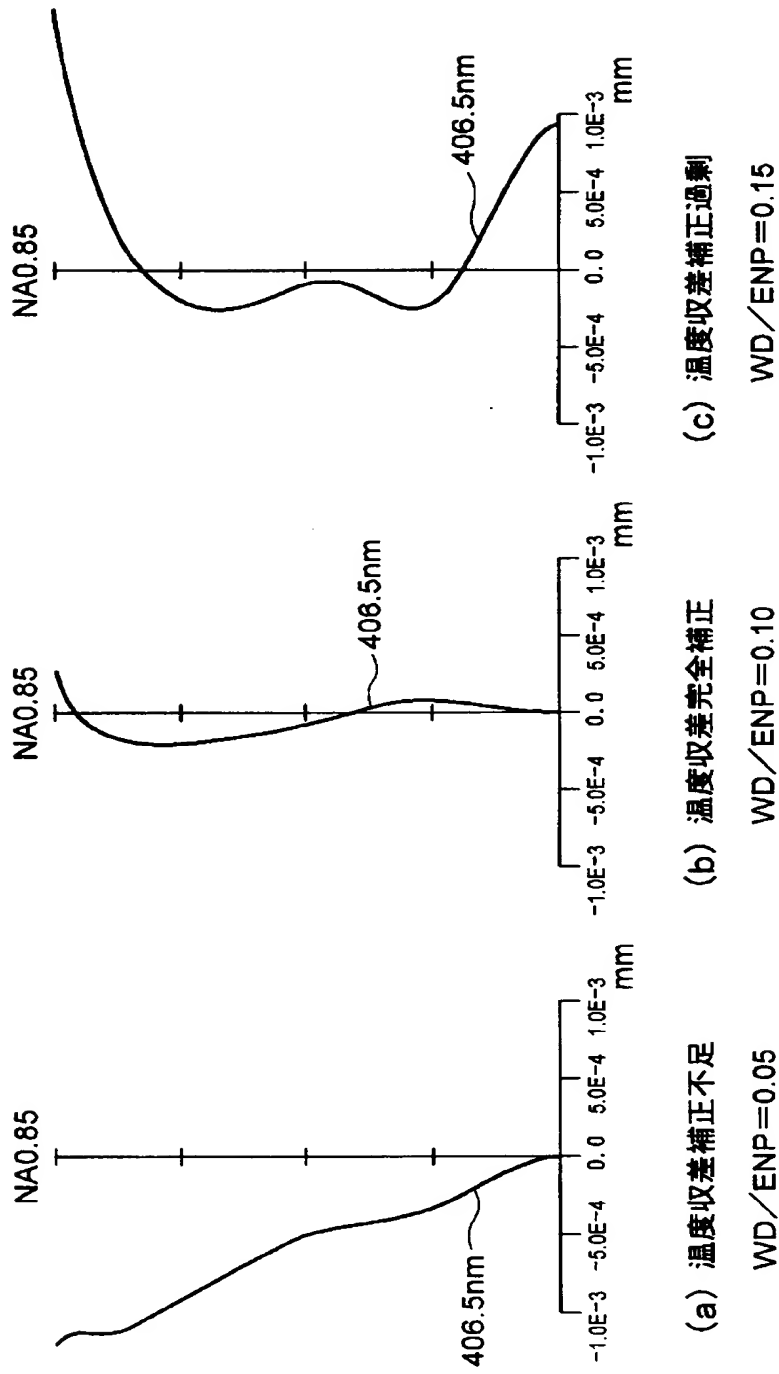
2 1, 2 3	屈折率分布可変素子（球面収差補正手段）
2 2	駆動手段
1	対物レンズ
2	カップリングレンズ（球面収差補正手段）
3	半導体レーザ（光源）
1 1	1 軸アクチュエータ（球面収差補正手段）
1 2	ビームエキスパンダ（球面収差補正手段）



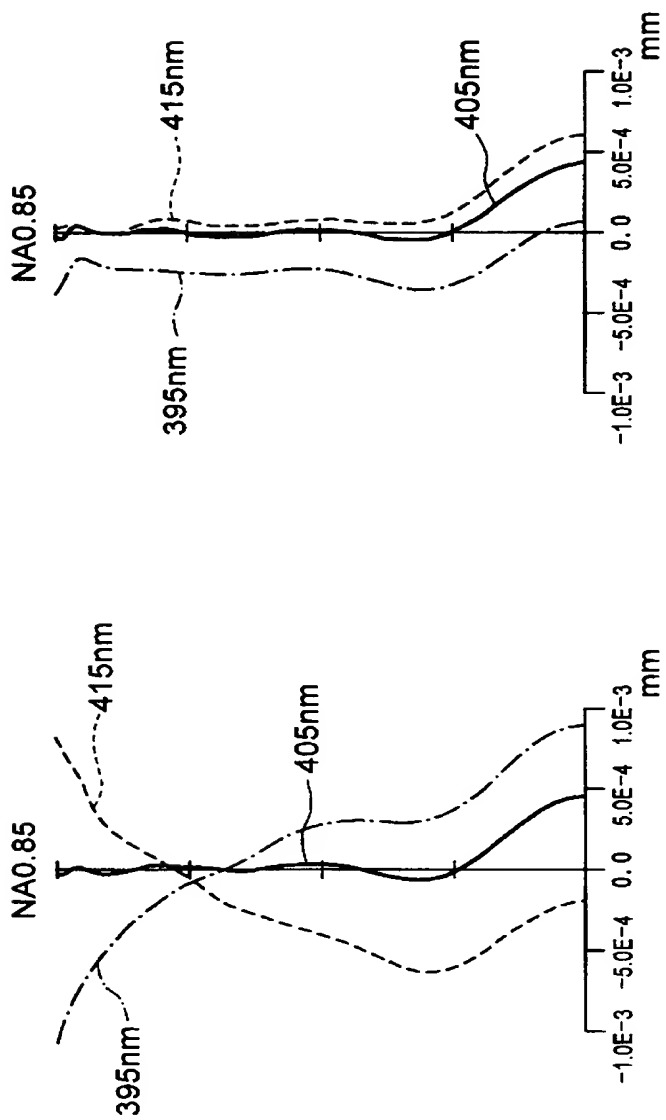
【書類名】

図面

【図1】



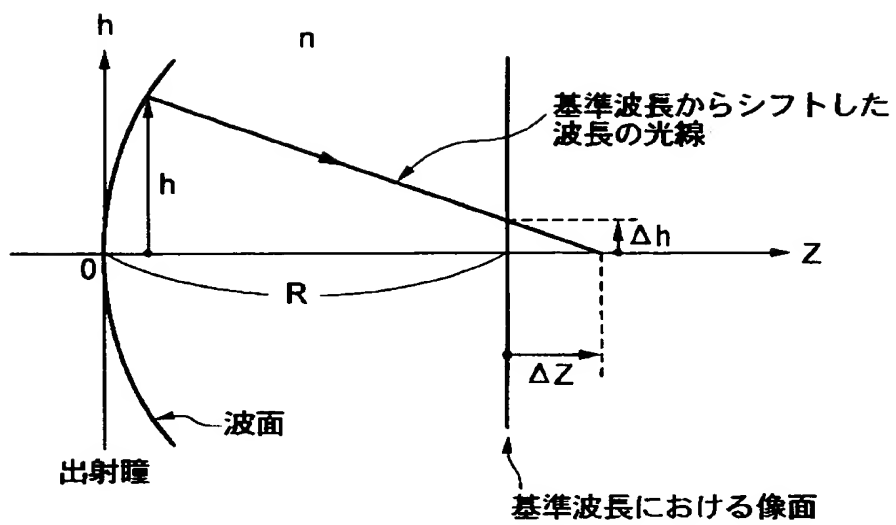
【図 2】



(b) 色収差完全補正型

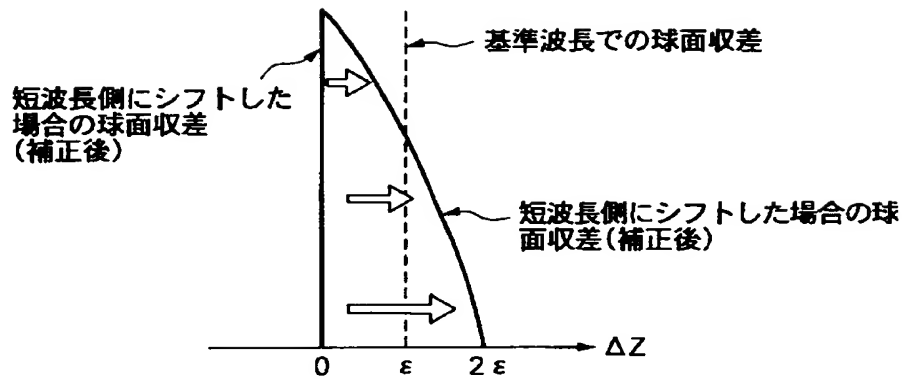
(a) 色収差過剰補正型

【図 3】

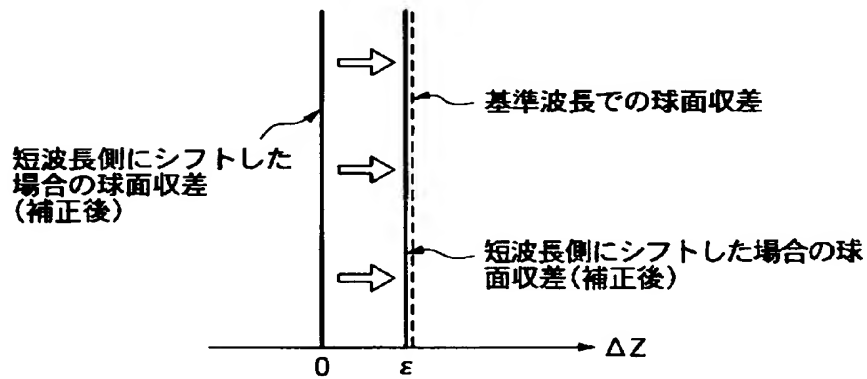


【図 4】

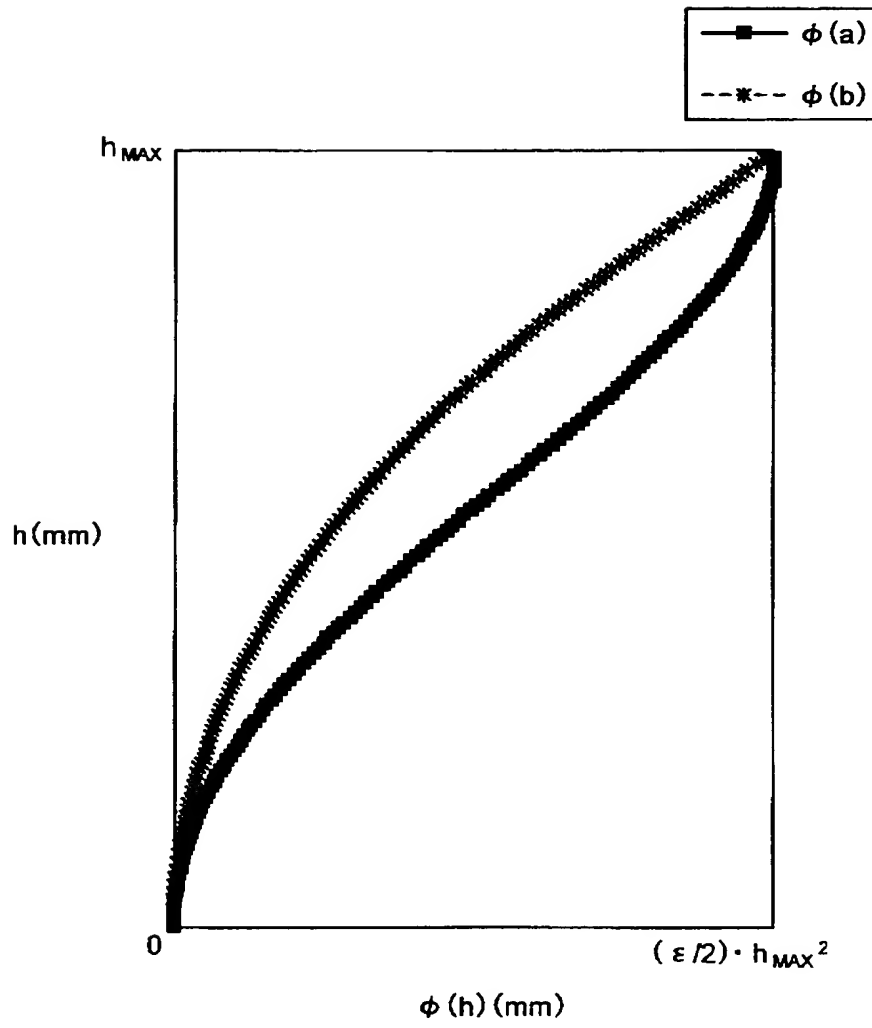
(a)



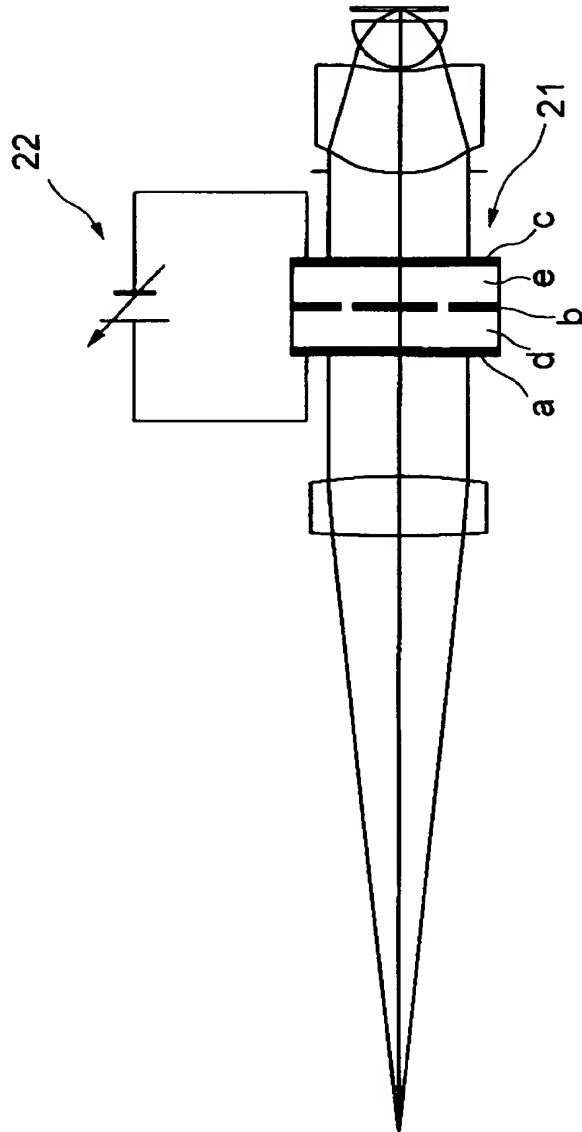
(b)



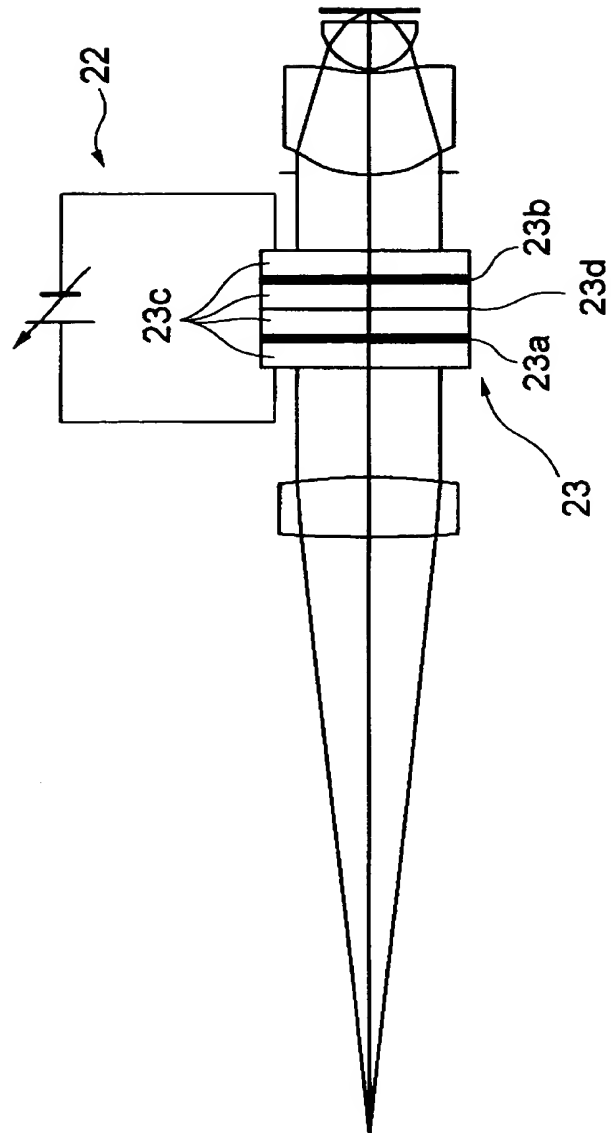
【図 5】



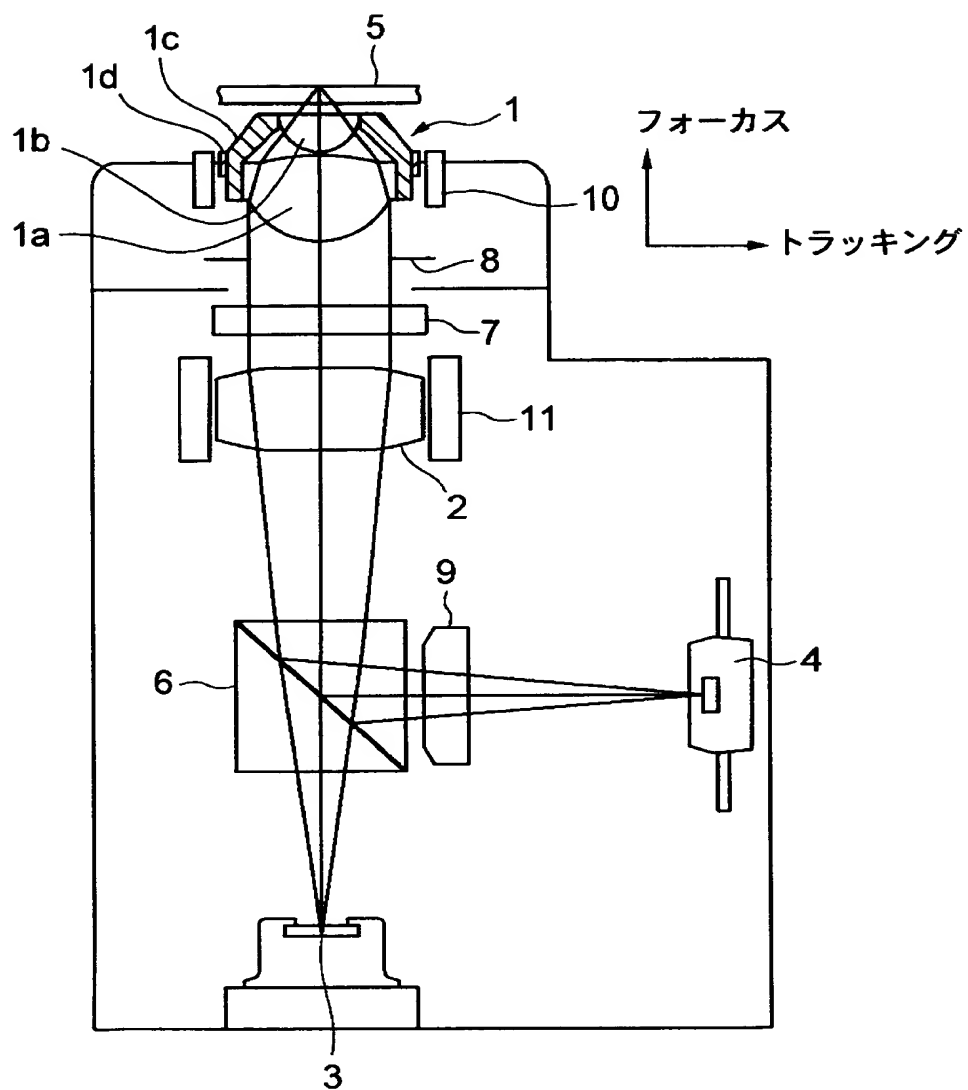
【図 6】



【図 7】

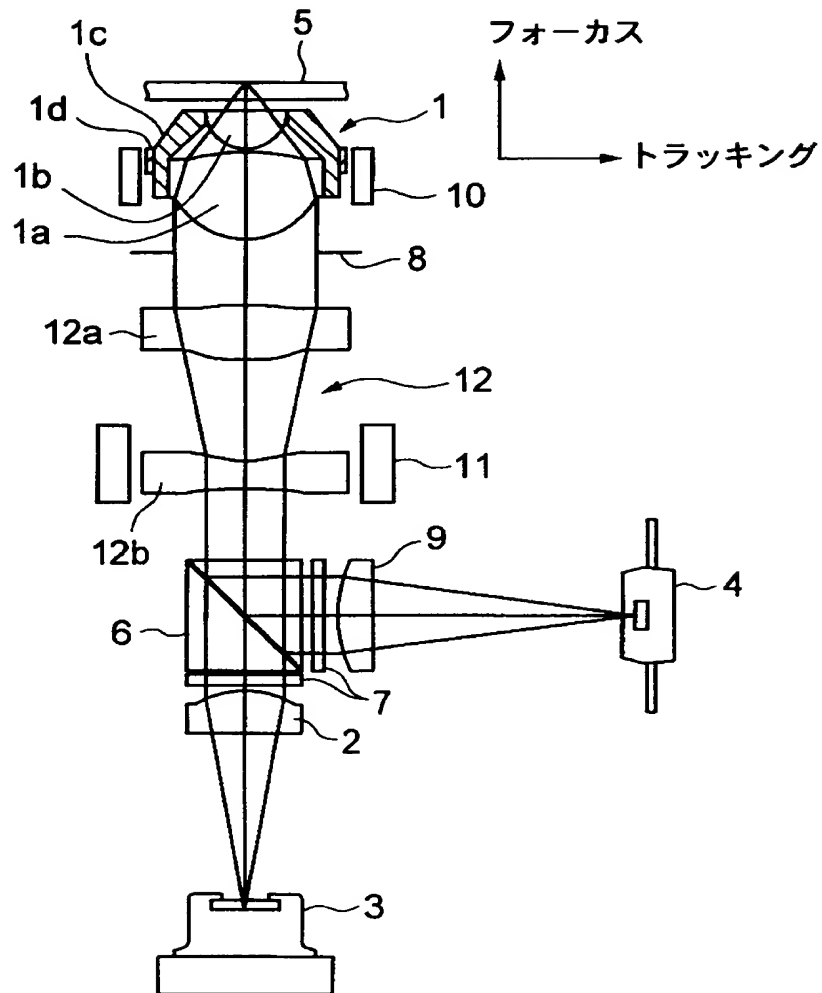


【図 8】



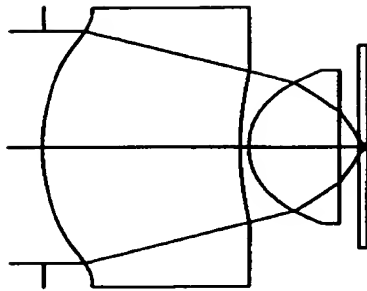


【図 9】

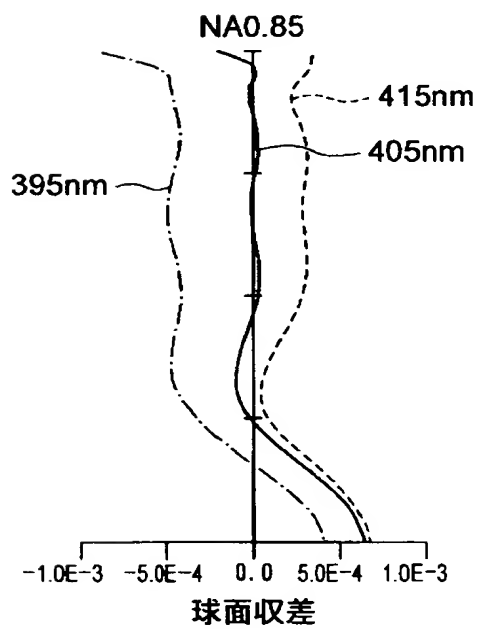


【図 1 0】

実施例 1

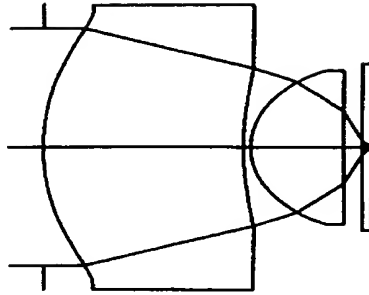


【図 1 1】

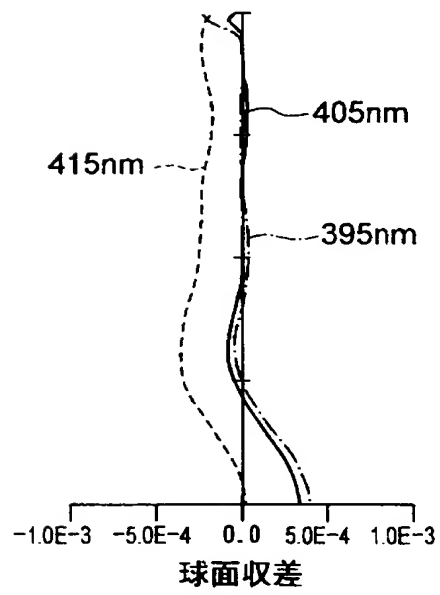


【図 1 2】

実施例 2

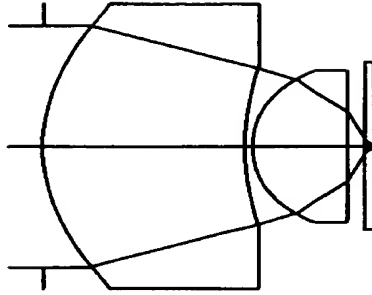


【図 1 3】

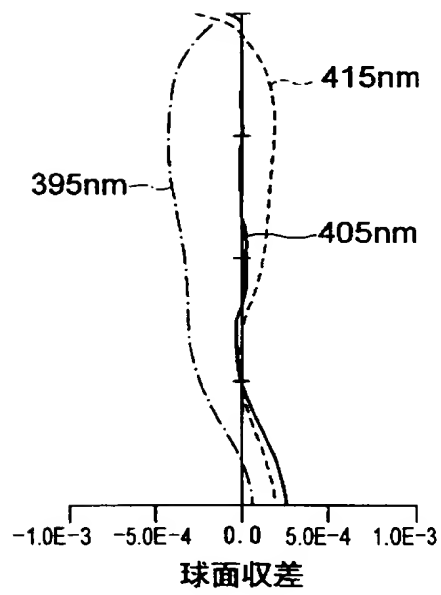


【図 1 4】

実施例 3

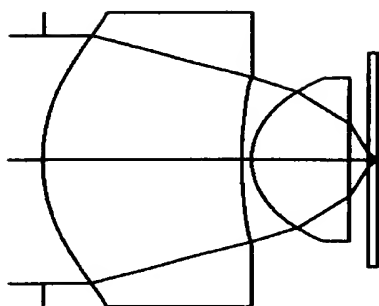


【図 1 5】

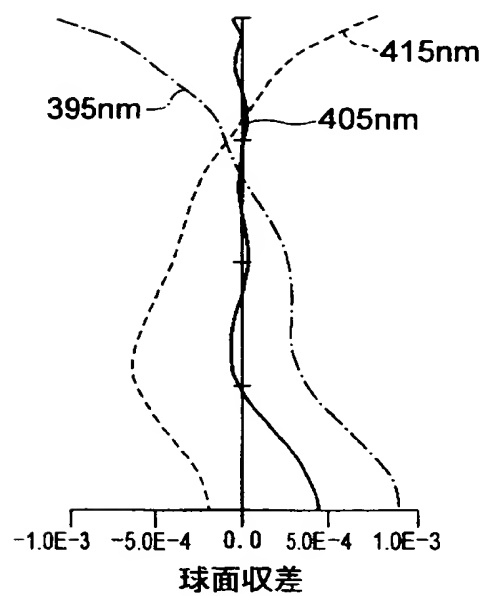


【図 1 6】

実施例 4

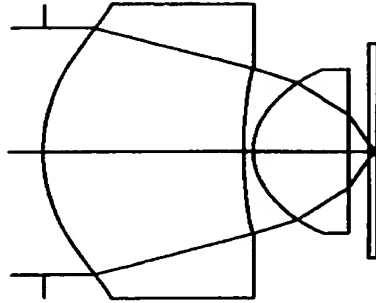


【図 1 7】

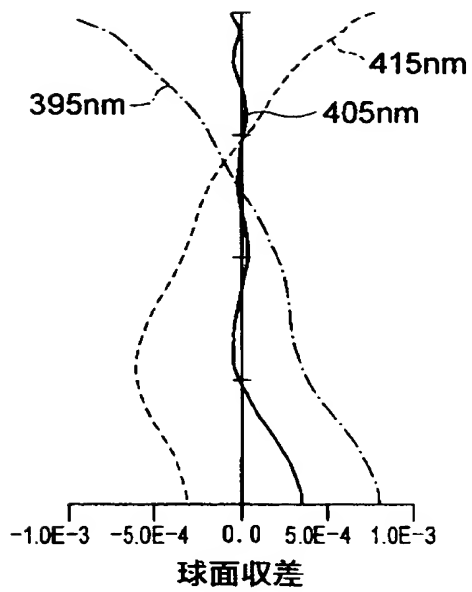


【図 1 8】

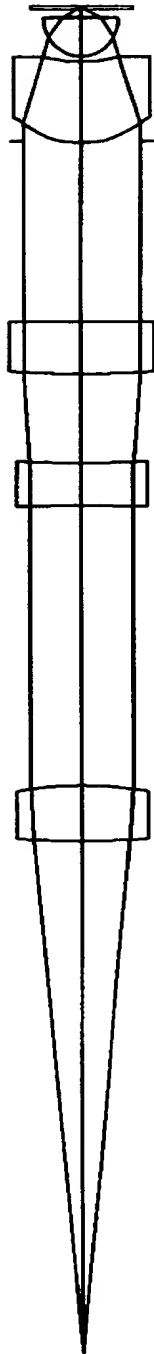
実施例 5



【図 1 9】

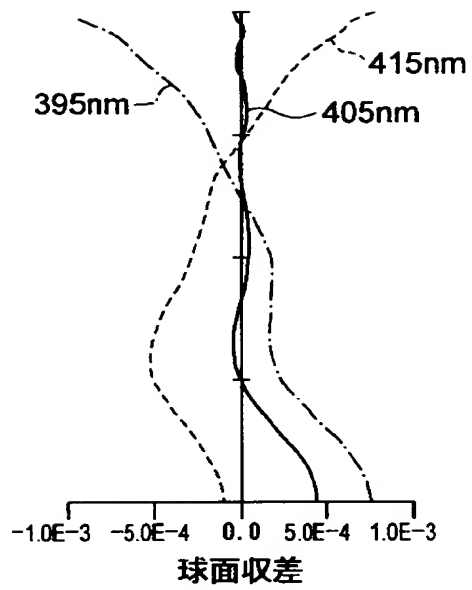


【図 2 0】



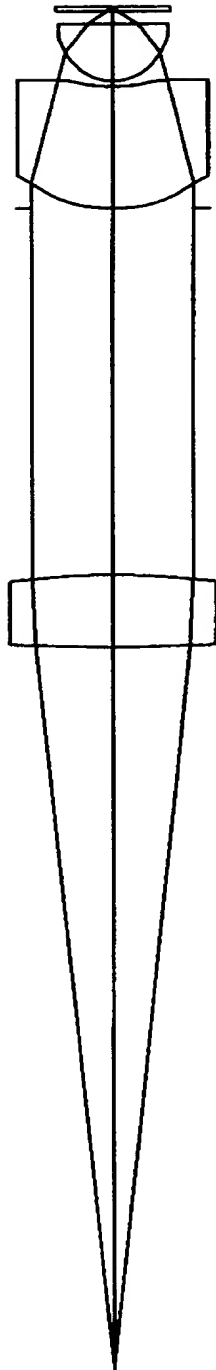
実施例 6

【図 2 1】



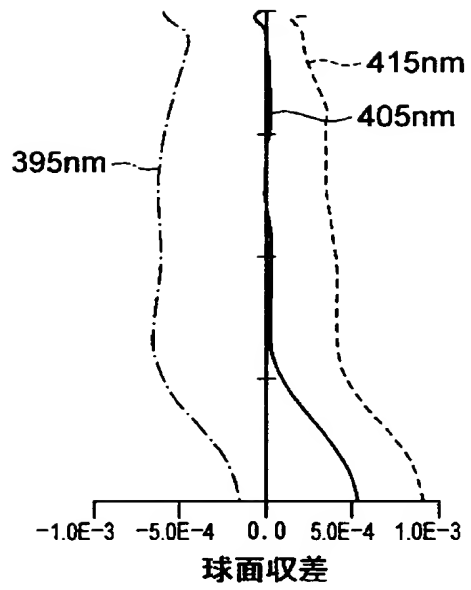


【図 2 2】



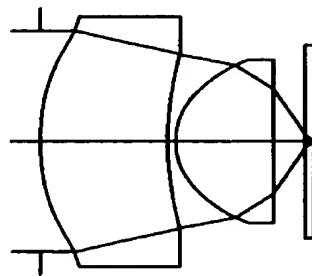
実施例 7

【図 2 3】

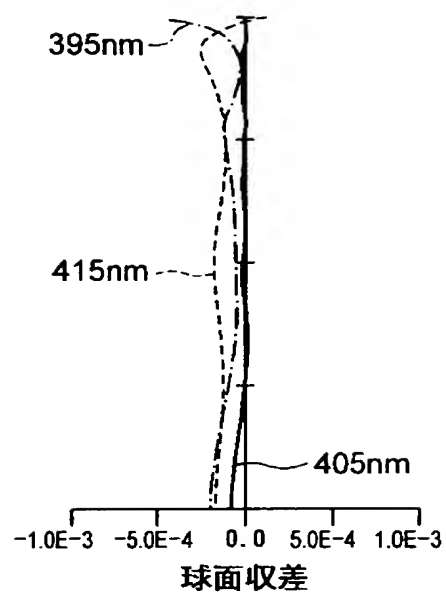


【図 2 4】

### 実施例 8

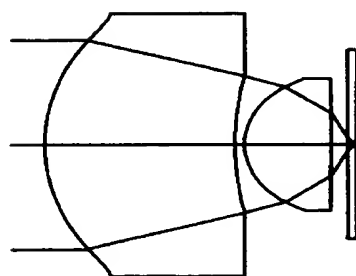


【図 2 5】

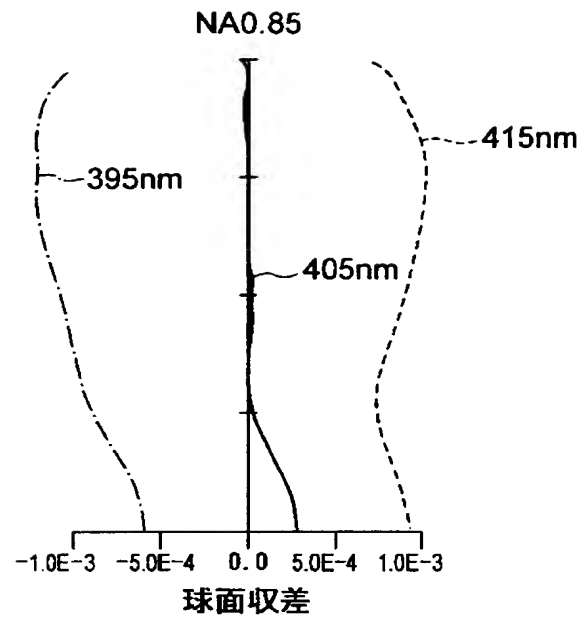


【図 2 6】

### 実施例 9



【図 2 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 2枚の正レンズからなり高NA、小径で、ワーキングディスタンスが大きく、レーザ光源のモードホップ現象等に起因する軸上色収差が効果的に補正された光情報記録媒体の情報の記録・再生用の対物レンズを提供する。プラスチック材料から形成された高NAの対物レンズで、利用可能温度範囲が大きく、軸上色収差が効果的に補正された対物レンズを提供する。各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供する。

【解決手段】 この対物レンズは、光源側から順に配置される正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たす。 $NA \geq 0.70$ 、 $0.05 < WD/ENP < 0.25$  (NA：光情報記録媒体に記録・再生を行うのに必要な所定の像側開口数、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス、ENP：前記対物レンズの入射瞳径)。また、各レンズがプラスチック材料から形成され、少なくとも1つの面に輪帯状の回折構造を有し、次の各式のいずれか1つを満たす。

$$0.05 < WD/ENP < 0.15$$

$$0.05 \leq PD/PT \leq 0.20 \quad (PD: \text{回折構造のみのパワー、} PT: \text{屈折レンズと回折構造とを合わせた対物レンズ全系のパワー})$$

$$-1 < \Delta CA / \Delta SA < 0 \quad (\Delta CA: \text{波長の変化に対する軸上色収差の変化量、} \Delta SA: \text{波長の変化に対するマージナル光線の球面収差の変化量})$$

$$1.0 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 6.0 \quad (r_i: \text{各面の近軸曲率半径 (mm) (} i = 1 \text{ または } 2))$$

【選択図】 図1

特2001-048392

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-048392
受付番号	50100256421
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成13年 2月26日

### <認定情報・付加情報>

【提出日】 平成13年 2月23日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001270]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

氏 名 コニカ株式会社